S. 804. B. 149.

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT DE FRANCE

TOME XI

PARIS

GAUTHIER-VILLARS

IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER

QUAI DES AUGUSTINS, 55

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT

DE FRANCE.

TOME XI.

S.804.B.114.9.

DE L'IMPRIMERIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES,

IMPRIMEURS DE L'INSTITUT, RUE JACOB, N° 24.

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT

DE FRANCE.

TOME XI.

PARIS,

DE L'IMPRIMERIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES,

IMPRIMEURS DE L'INSTITUT, RUE JACOB, N° 24.

1832.

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT

DE FRANCE.

TOME XI.

PARIS,

DE L'IMPRIMERIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES

IMPRIMEUR DU ROI, RUE JACOB, N° 24.

1832.

TABLE

DES ARTICLES CONTENUS DANS CE ONZIÈME VOLUME DE LA NOUVELLE COLLECTION DES MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

Pages

ANALYSE des travaux de l'Académie pendant l'année 1828, partie mathématique, par M. le baron FOURIER, secrétaire-perpétuel. j

RAPPORT sur un Mémoire de M. Chabrier, concernant les moyens de voyager dans l'air et de s'y diriger, contenant une nouvelle théorie des mouvements progressifs, par M. NAVIER..... xj

ANALYSE des travaux de l'Académie pendant l'année 1828, partie physique, par M. le baron CUVIER, secrétaire-perpétuel..... cxix

Pages

MÉMOIRE sur l'argile plastique d'Auteuil, et sur les substances qui l'accompagnent, par M. BECQUEREL..... 1

MÉMOIRE sur les fils très-fins de platine, d'acier, et sur la distribution du magnétisme libre dans ces derniers, par M. BECQUEREL..... 13

MÉMOIRE sur les décompositions chimiques opérées avec des forces électriques à très-petites tensions, par M. BECQUEREL..... 33

MÉMOIRE sur les actions magnétiques excitées dans tous les corps par l'influence d'aimants très-énergiques, par M. BECQUEREL.. 45

MÉMOIRE sur l'attraction qui se manifeste, à des distances sensibles, entre des surfaces solides mouillées par un liquide dans lequel elles sont submergées, par M. P. S. GIRARD..... 59

Pages

Mémoire sur la détermination des fonctions Y et Z qui satisfont à l'équation $4(Xn-1)=(X-1)(Y^2\pm nZ^2)$, n étant un nombre premier $4i\mp 1$, par M. Legendre..... 81

Considérations sur l'opération du trépan, et sur les lésions du cerveau, par M. Flourens. Premier Mémoire sur l'action mécanique des épanchements cérébraux..... 101

Deuxième Mémoire sur l'application du calcul des probabilités aux mesures géodésiques, par M. Puissant..... 123

Mémoire sur la combinaison du chlore et du cyanogène ou cyanure de chlore, par M. Sérullas..... 157

Mémoire sur le bromure de sélénium, par M. Sérullas..... 183

Mémoire sur un nouveau composé de chlore et de cyanogène, ou perchlorure de cyanogène; acide cyanique; par M. Sérullas..... 186

Mémoire sur l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool, et sur les produits qui en résultent, par M. Sérullas..... 213

Mémoire sur l'action de différents acides sur l'iodate neutre de potasse; iodates acides de cette base ou bi-iodate et tri-iodate de potasse. — Chloro-iodate de potasse. — Nouveau moyen d'obtenir l'acide iodique, par M. Sérullas..... 246

Recherches sur quelques composés d'iode.

1° Observations sur le chlorure d'iode;

2° Action mutuelle de l'acide iodique et de la morphine ou de ses sels;

3° Acide iodique cristallisé.—Non-existence des acides iodo-sulfurique iodo-nitrique et iodo-phosphorique, par M. Sérullas. 264

Mémoire sur les chlorures d'iode; sur un nouveau procédé pour obtenir l'acide iodique absolument pur; et sur un moyen de précipiter la plus petite quantité de l'un quelconque des alcalis végétaux de leur dissolution alcoolique, par M. Sérullas.... 276

Pages

Mémoire sur la séparation du chlore et du brome contenus dans un mélange de chlorure et de bromure alcalins. — Moyen de reconnaître si une dissolution de chlorure d'iode est à l'état de chlorure ou à l'état d'acide iodique et d'acide hydrochlorique. — Action de l'acide bromique et de l'acide chlorique sur l'alcool, par M. Sérullas 290

Mémoire sur l'acide perchlorique (chlorique oxigéné), par M. Sérullas 308

(La page est marquée 306 par erreur.)

Mémoire sur la cristallisation de l'acide oxichlorique (perchlorique), et sur quelques propriétés nouvelles de cet acide; par M. Sérullas 313

Considérations générales sur les changements qui s'opèrent dans l'état électrique des corps, par l'action de la chaleur, du contact, du frottement et de diverses actions chimiques, et sur les modifications qui en résultent quelquefois dans l'arrangement de leurs parties constituantes, par M. Becquerel 317

Considérations sur l'opération du trépan, et sur les lésions du cerveau, par M. Flourens, deuxième Mémoire 369

Mémoire sur la loi des modifications que la réflexion imprime à la lumière polarisée, par M. A. Fresnel 393

Mémoire sur un enfant quadrupède, né et vivant à Paris, monstruosité déterminée sous le nom générique d'*iléadelphe*, par M. Geoffroy-Saint-Hilaire 435

Mémoire sur l'influence que deux couleurs peuvent avoir l'une sur l'autre quand on les voit simultanément, par M. Chevreul 447

Mémoire sur les mouvements simultanés d'un pendule et de l'air environnant, par M. Poisson 521

Addition au Mémoire précédent 566

Pages

Recherches d'anatomie transcendante et pathologique.

Théorie des formations et des déformations organiques appliquée à l'anatomie de Ritta-Christina, et de la duplicité monstrueuse, par M. E. R. A. Serres..... 583

Tableau des observations dont les résultats tout calculés sont contenus dans l'exposé des recherches sur les forces élastiques de la vapeur d'eau à de hautes températures 897

(Ce tableau a été inséré dans le volume actuel d'après une décision expresse de l'Académie.)

HISTOIRE

DE

L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT DE FRANCE.

ANALYSE

Des Travaux de l'Académie royale des Sciences, pendant l'année 1828.

PARTIE MATHÉMATIQUE.

Par M. le Baron FOURIER, Secrétaire Perpétuel.

GÉOMÉTRIE.

L'impression des Mémoires de l'Académie avait été longtemps retardée par diverses circonstances; les mêmes obstacles n'existent plus aujourd'hui, et les dispositions actuelles garantissent une publication régulière. Les tomes V, VI, VII et VIII des nouveaux Mémoires ont été publiés, et le tome IX est en partie imprimé.

Pour suppléer aux publications qui avaient été retardées,

et pour donner, du moins, une connaissance sommaire de l'objet des travaux de l'Académie, on avait regardé comme nécessaire de présenter avec quelque étendue les extraits des Mémoires lus dans le cours de chaque année. Mais ces analyses, quelque soin qu'on y apporte, ne peuvent remplir leur objet que bien imparfaitement. Il est préférable, sous tous les rapports, que les Mémoires soient publiés promptement et dans leur entier. Toutefois il est convenable d'insérer dans l'analyse des travaux de l'année, les titres exacts des Mémoires et la date de la lecture.

On est obligé de se borner à ces indications pour les Mémoires d'analyse mathématique. Il arrive presque toujours que la nature de ces recherches ne permet pas d'en faire connaître distinctement l'objet, sans l'emploi des expressions et des signes propres à la science du calcul.

Avant de passer à l'énumération des Mémoires qui ont été lus dans nos séances, nous annoncerons la continuation d'un grand ouvrage d'analyse publié par M. Legendre.

Dans une des analyses précédentes, on a indiqué sommairement l'objet de cet ouvrage, qui a pour titre : *Traité des fonctions elliptiques et des intégrales Eulériennes.* L'illustre auteur a donné un premier supplément à ce traité. Son objet principal, en publiant cet écrit, est d'abord de rendre un témoignage éclatant à deux jeunes géomètres, qui ont poursuivi avec le plus grand succès ce genre de recherches analytiques.

On sait qu'Euler s'est toujours efforcé d'encourager, par l'autorité de son suffrage, les travaux importants de ceux qui puisaient dans l'étude de ses traités de nouveaux moyens d'étendre le domaine des sciences. Ce grand géomètre signa-

lait les découvertes récentes, et il s'attachait à en développer les avantages, se montrant plus occupé de la gloire des autres inventeurs que de la sienne propre; c'est un des caractères les plus frappants de l'intérêt véritable que l'on porte aux progrès des sciences. On ne sera point surpris que cette disposition qui animait Euler se retrouve dans les écrits de M. Legendre.

L'auteur nous apprend que MM. Jacobi, de Kœnisberg, et Abel, de Christiania, ont perfectionné considérablement la théorie des fonctions elliptiques dans ce qu'elle a de plus élevé. Les productions de ces deux géomètres attestent une connaissance approfondie de l'analyse; et les découvertes qu'ils viennent de faire dans une carrière aussi difficile, ne permettent point de douter que les sciences ne retirent de leurs talents et de leurs travaux des avantages considérables.

Les premières recherches sur les intégrales en arcs d'ellipse ou d'hyperboles sont dues à Maclaurin et à d'Alembert. On découvrit ensuite des propriétés fort remarquables de la lemniscate. Euler commença à former une théorie générale; Lagrange a cultivé avec succès cette branche de l'analyse, et un géomètre anglais y fit une heureuse et singulière découverte. Les premières recherches publiées par M. Legendre datent de 1786. Il n'a point cessé d'approfondir et d'étendre cette théorie. Il en a tellement perfectionné toutes les parties, qu'on est fondé à le regarder comme le principal inventeur. Il a accompli le vœu d'Euler que nous avons rappelé dans une analyse précédente.

L'auteur de la théorie des fonctions elliptiques expose dans ce premier supplément les deux théorèmes généraux décou-

verts par M. Jacobi; il fait connaître la méthode même dont ce dernier a fait usage pour démontrer le premier théorème; ensuite il déduit le second théorème du premier, et le démontre aussi par une méthode spéciale et directe.

Nous regrettons de ne pouvoir énoncer ici l'objet et les résultats de ces savantes recherches, ce qui rendrait indispensable l'emploi des signes du calcul; c'est par la même raison que nous ne pouvons point indiquer avec quelques détails les ingénieuses recherches de M. Abel. Les sciences mathématiques attendent de nouvelles découvertes des deux excellents géomètres que nous avons cités. La théorie dont ils se sont occupés est un sujet vaste et qui exige de grands efforts; elle est singulièrement propre à montrer la fécondité immense de l'analyse. Mais les questions de la philosophie naturelle qui ont pour but l'étude mathématique de tous les grands phénomènes, sont aussi un digne et principal objet des méditations des géomètres. On doit désirer que les personnes les plus propres à perfectionner la science du calcul, dirigent leurs travaux vers ces hautes applications si nécessaires aux progrès de l'intelligence humaine.

Nous passons maintenant à l'énumération des Mémoires d'analyse ou de physique mathématique, qui, ayant été remis par les membres de l'Académie, sont déja publiés ou doivent l'être par la suite dans la collection de ses Mémoires, et qui se rapportent à l'année 1828. Ceux de ces ouvrages qui ont été déposés par M. Cauchy sont les suivants :

Le 22 janvier 1828, un Mémoire sur *les résidus des fonctions exprimées par des intégrales définies.*

Le 21 juillet, *Note sur un nouveau principe de mécanique rationnelle.*

Le 6 octobre, deux Mémoires, l'un sur *le mouvement des lames solides élastiques ou non elastiques, naturellement planes ou naturellement courbes, d'une épaisseur constante ou d'une épaisseur variable ;* le second sur *le mouvement des plaques et des verges élastiques ou non élastiques.*

Le 13 octobre, *Note additionnelle au Mémoire sur les lames élastiques.*

Le 17 novembre, *Note sur les vibrations des lames courbes.*

Le 1^er^ décembre, *Note sur l'équilibre ou le mouvement des lames élastiques et rectangulaires, droites ou courbes, d'épaisseur constante, ou d'épaisseur variable.*

Le 22 décembre, un Mémoire sur *l'équilibre et le mouvement des plaques élastiques et des verges élastiques dont l'élasticité n'est pas la même dans tous les sens.*

Les Mémoires dont on est redevable à M. Poisson, sont les suivants :

Le 21 avril 1828, Mémoire sur *l'équilibre et le mouvement des corps élastiques.*

Le 7 juillet, *Note sur le problème des ondes.*

Le 27 octobre, Mémoire sur *les petites oscillations de l'eau contenue dans un vase cylindrique.*

Le 24 novembre, *Analyse d'un Mémoire sur l'équilibre*

des fluides, et *addition au Mémoire sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques.*

M. Fourier a présenté, le 1^er^ décembre 1828, un *Mémoire sur plusieurs points de la théorie analytique de la chaleur.*

Dans la séance du 23 mars 1828, M. Poinsot a présenté à l'Académie une note fort importante relative à la théorie et à la détermination exacte du plan invariable des aires dans le système du monde.

On sait que dans le mouvement d'un système de corps qui réagissent d'une manière quelconque les uns sur les autres, si l'on projette sur un plan les aires que tracent autour d'un point fixe ou foyer, les rayons vecteurs menés de ce foyer à toutes les particules égales du système, la somme de ces aires projetées demeure constante, nonobstant les variations qu'éprouve chacune d'elles, par la liaison et l'action réciproque des différents corps; et c'est en cela que consiste le principe si connu de la conservation des aires.

En considérant ainsi les aires sur les divers plans qu'on peut mener par le même foyer, on voit qu'il existe un plan distingué de tous les autres par la propriété suivante : si l'on projette les aires sur un des plans perpendiculaires à ce plan unique que nous disons être distinct de tous les autres, la somme des projections est toujours nulle; on reconnaît aussi que la projection des aires sur le plan unique dont il s'agit, est la plus grande possible. Cette propriété avait déja été remarquée par les géomètres; ils avaient choisi ce plan pour simplifier le calcul dans la recherche du mouvement de quelques systèmes, et, par exemple, lorsqu'il s'agit du mou-

vement d'un corps solide qui tourne librement autour de son centre de gravité. L'auteur ajoute : c'est ce même plan que M. Laplace a considéré dans notre système planétaire, auquel il a donné le nom de plan invariable. Il a cherché la position que ce plan devait avoir au commencement de 1750, et ses formules lui ont donné pour cette époque l'inclinaison du plan sur l'écliptique égale à 1°,7689 et 114°,3979 pour la longitude de son nœud ascendant. M. Poinsot remarque que ce grand géomètre, en établissant son analyse, n'a considéré que les aires décrites autour du soleil par les différentes planètes regardées comme autant de points dont chacun serait chargé de la masse entière de la planète et de ses satellites. Or, on sait que M. Poinsot a découvert une nouvelle théorie des moments et des aires, où ces sortes de quantités ne sont pour lui que l'expression géométrique des couples ou forces de rotation, qui s'exercent actuellement dans le système. Tous les géomètres connaissent ces belles et ingénieuses recherches qui ont contribué à perfectionner la statique, et qui ont à-la-fois l'avantage de la clarté et de la profondeur.

Il conclut aujourd'hui de sa théorie des moments, que le plan vraiment invariable n'est autre chose que celui de l'aire qui résulterait des aires simultanées décrites par les particules du système, si l'on composait entre elles toutes ces aires à la manière des simples forces appliquées sur un point, et que, par conséquent, pour déterminer le véritable plan invariable, il faut combiner ensemble, non-seulement les aires que M. Laplace a considérées, mais encore d'autres aires que son analyse ne comprend point, savoir : celles qui proviennent des mouvements particuliers des satellites autour de

leurs planètes principales, et celles qui naissent de la rotation de tous ces corps et du soleil lui-même sur leurs propres axes. M. Poinsot fait remarquer que le plan de cette aire résultante est le seul dont on puisse affirmer qu'il demeure immobile dans le ciel, ou qu'il reste toujours parallèle à lui-même, quels que soient les changements que la suite des siècles puisse apporter dans les mouvements, dans la figure et la position mutuelle des différents corps célestes. Il ajoute que si l'on ne compose entre elles qu'une partie de ces aires simultanées, on ne peut plus dire que l'aire partielle qui en résulte soit invariable de grandeur et de position dans l'espace; d'où il suit que le plan déterminé par M. Laplace peut varier, et qu'ainsi il n'est pas propre à faire reconnaître les changements qui peuvent survenir avec le temps dans la position des orbes et des équateurs planétaires; l'auteur en conclut donc que, pour obtenir ce résultat et donner ainsi aux astronomes futurs le moyen de comparer d'une manière précise les observations séparées par de très-longs intervalles de temps, il faut recourir au plan qu'il propose, parce qu'il est seul invariable. Il nomme ce plan l'équateur du système du monde.

Telle est la conséquence principale de la théorie nouvelle que M. Poinsot a présentée à l'Académie. Quant à la détermination de cet équateur du système solaire, l'auteur remarque qu'elle dépend, non-seulement des masses des différents corps célestes, mais encore des moments d'inertie de ces corps par rapport à leurs axes, quantités qui nous sont jusqu'à présent inconnues. Aussi l'auteur fait-il observer que la question qu'il traite a deux objets très-différents. Le premier est une théorie importante qu'il est nécessaire de rectifier pour

l'exactitude et la perfection de la science; le second est une application particulière qui suppose la mesure de certaines quantités que le temps seul et l'observation peuvent nous faire connaître. Il en résulte, dit l'auteur, que le plan dont il s'agit doit différer sensiblement de celui que M. Laplace a déterminé, parce que, si les aires dues aux révolutions des satellites, ou même à la rotation des planètes, sont des quantités assez petites pour qu'ou puisse les négliger à l'égard des autres, il n'en est pas de même de l'aire due à la rotation du soleil, qui est une quantité considérable, et qui ne doit être omise dans aucun cas.

En supposant d'abord le soleil homogène, M. Poinsot trouve que l'aire due à la rotation de ce grand corps sur lui-même, vaut plus de 50 fois celle que la terre décrit en même temps par son mouvement de révolution dans son orbite annuelle. Si, comme il est très-vraisemblable, la densité n'est pas uniforme, mais si elle croît de la surface au centre, en raison de la profondeur, l'auteur trouve que l'aire dont il s'agit s'élève encore au deux tiers de la valeur précédente. Et, dans l'hypothèse même où la densité du soleil augmenterait depuis la surface où elle serait nulle, jusqu'au centre où elle serait infinie, comme l'ordonnée d'une hyperbole s'approchant de l'asymptote qui lui est parallèle, cette aire décrite aurait encore la moitié de la valeur qu'on a trouvée dans le cas d'homogénéité. Ainsi, pour cette hypothèse, qui paraît extrême, la résultante des aires, déterminées sans tenir compte de cette quantité, diffère autant de la véritable, que si l'on eût oublié, dans le calcul, au moins 25 globes tels que le nôtre, qui auraient circulé comme la terre à la même distance du soleil, mais dans un plan incliné de 7 à 8 degrés au plan de

notre écliptique. L'auteur conclut que cette omission altère d'une manière très-sensible la position du plan invariable, parce qu'il est aisé de voir qu'elle change de plusieurs minutes son inclinaison à l'écliptique, et de plusieurs degrés la longitude de son nœud ascendant, et que, par conséquent, il n'est pas moins nécessaire dans l'application que dans la théorie, d'avoir égard à cette partie des aires qui vient de la rotation du soleil. Il est certain que le seul plan rigoureusement invariable, est celui que l'auteur détermine. Quant aux modifications que pourraient autoriser la constitution du système solaire et la forme des mobiles, il serait nécessaire de les fonder sur une discussion détaillée des divers éléments. Les conséquences ne pourraient être qu'approchées et assujéties à toutes les limitations que l'on aurait introduites dans le calcul.

Au reste, M. Poinsot se propose de développer toutes ces considérations dans un mémoire qu'il doit lire prochainement à l'Académie.

Nous rendrons compte de ce travail avec tout le soin que mérite l'importance d'un tel sujet.

M. Girard a lu à l'Académie, le 31 mars, un Mémoire qui sera imprimé dans le tome IX de notre collection, et qui a pour titre : *Mémoire sur la pose des conduites d'eau, dans la ville de Paris; Tableaux et descriptions d'expériences entreprises à ce sujet sur la dilatabilité de la fonte de fer.*

Ce mémoire intéresse un usage public très-important : l'auteur, qui joint à une expérience consommée les lumières de la théorie, a déduit d'observations faites avec beaucoup

de soins, et de l'application des sciences mathématiques, plusieurs conséquences remarquables que nous allons sommairement indiquer.

On peut considérer une conduite composée de tuyaux de plomb ou de fonte de fer assemblés les uns à la suite des autres, comme une seule verge métallique susceptible de se condenser ou de se dilater par l'abaissement ou l'élévation de la température. Les variations que subit la longueur de cette verge sont d'autant plus sensibles que cette longueur est elle-même plus considérable; et c'est presque toujours à ces variations de longueur qu'il faut attribuer les ruptures auxquelles les conduites d'eau sont généralement sujettes dans les changements de saisons.

D'après la disposition indiquée par l'auteur, et qui a été adoptée, on a placé dans des galeries voûtées les conduites destinées à la distribution des eaux de l'Ourq dans la ville de Paris. Il a donc pu reconnaître chaque jour et à toute heure l'influence de la température sur la diminution et l'augmentation de longueur. M. Girard a fait choix à cet effet de quatre de ces conduites de 580 mètres de longueur chacune, et posées dans une même galerie parallèlement entre elles. Chacune de ces conduites était divisée en cinq parties dont les extrémités pouvaient glisser les unes dans les autres, de manière à laisser reconnaître la longueur dont elles s'étaient emboîtées.

Afin de rendre plus facile le mouvement qui devait s'opérer, l'une des quatre conduites fut posée transversalement sur des rouleaux de fonte. On se contenta de poser les autres sur des cales de bois de chêne : tout étant ainsi disposé pour les observations, on les commença le 13 janvier 1812,

et elles furent terminées le 17 décembre 1815; durant cette période, le nombre de ces observations s'éleva à plus de 650. La température de l'eau varia dans ces conduites depuis 0 degrés jusqu'à 17 degrés $\frac{1}{2}$ du thermomètre de Réaumur, et l'on trouva que la dilatation linéaire de la fonte variait également pour chaque degré, et qu'elle était sur 680 mètres de long de $0^{m},006810$ pour la conduite qui était posée sur des rouleaux, tandis qu'elle n'était que de $0^{m},005965$ et de $0^{m},006518$ pour les deux autres qui étaient posées sur de simples cales de bois.

L'auteur a eu occasion de remarquer que la véritable température des conduites mises en expérience n'était ni celle de l'eau dont elles étaient remplies, ni celle de l'air de la galerie dans laquelle elles étaient placées, mais une température comprise entre celles de l'eau intérieure et de l'air extérieur, lesquelles étaient toujours différentes.

Lorsque les conduites se sont trouvées vides, ce qui a eu lieu plusieurs fois pendant le cours des observations, et que par conséquent leurs surfaces du dedans et du dehors se sont trouvées en contact avec l'air, l'auteur du mémoire a remarqué que l'alongement par mètres et par degré de température était environ d'un dixième moindre que l'alongement de la fonte, tel qu'il avait été observé en 1785, en Angleterre, par le major-général Roy; ce qui provient évidemment, ou de la différence de dilatabilité des deux espèces de fontes sur lesquelles les expériences ont été faites, ou des causes qui s'opposaient au libre mouvement des conduites sur la surface de leurs appuis. En rendant compte avec beaucoup de détails des diverses circonstances de ses observations, l'auteur s'est trouvé conduit à indiquer les précautions

qu'il faut prendre pour poser solidement dans les rues d'une ville les conduites destinées à distribuer les eaux dans les différents quartiers, et il termine son mémoire en prouvant, par des faits observés à Paris depuis plusieurs années, combien il est plus avantageux de poser ces conduites dans des galeries voûtées, que de les enterrer sous le pavé des rues.

PHYSIQUE.

M. Ampère a lu à l'Académie, le 26 août et le 1er septembre, deux Mémoires relatifs à des questions importantes de la théorie de la lumière; ces questions ont pris naissance dans les recherches d'un membre de cette Académie, qu'une mort prématurée a enlevé aux sciences avant qu'il ait pu achever son travail.

Dans son premier Mémoire, M. Ampère détermine directement la surface de l'onde lumineuse, dans les cristaux où la vitesse de la lumière est différente suivant les trois droites rectangulaires entre elles que l'on a appelées les trois axes de la surface d'élasticité. En partant de l'équation commune à tous les points tangents, M. Fresnel avait déduit celle de la surface de l'onde lumineuse, en supposant que cette équation ne passe pas le quatrième degré.

Le second Mémoire de M. Ampère, contient la démonstration d'un théorème que M. Fresnel avait seulement énoncé, en se bornant à montrer que ce théorême conduit à l'équation qu'il avait donnée pour l'onde lumineuse. M. Ampère suit une marche toute différente; il déduit le théorème de M. Fresnel de l'équation précédente qu'il a démontrée directement, dans son premier Mémoire. On doit considérer

le théorème dont il s'agit, comme l'énoncé le plus simple des lois de la propagation de la lumière dans les milieux cristallisés d'une manière quelconque. Ces lois étant confirmées par l'observation, sont, à proprement parler, des données de l'expérience; il en résulte un moyen de comparer et d'apprécier les diverses hypothèses qu'on a formées sur la nature de la lumière, car il est nécessaire que l'on puisse déduire de ces hypothèses ces lois générales de la propagation de la lumière : c'est en effet ce qui résulte des travaux de M. Fresnel et du Mémoire de M. Ampère. Ils prouvent que les lois dont il s'agit dérivent de l'hypothèse, qui consiste à considérer les phénomènes de la lumière comme produits par les vibrations d'un fluide élastique; on reconnaît que la direction de ces vibrations est perpendiculaire à celle du rayon lumineux. Cette dernière partie de l'hypothèse en question a été long-temps rejetée par quelques personnes, parce qu'elles établissaient le calcul sur la supposition que les différentes parties des fluides élastiques n'agissent les unes sur les autres qu'en se comprimant et se dilatant alternativement.

M. Fresnel considérait ces fluides sous un point de vue différent. Il les regardait comme composés de points matériels, agissant les uns sur les autres à distance. Il montrait qu'alors il pouvait y avoir communication de mouvements vibratoires, quand même le fluide ne serait susceptible que de condensations et de dilatations aussi petites qu'on le voudrait, en sorte qu'en les regardant même comme nulles, la direction des vibrations devrait, à cette limite, rester perpendiculaire à celle des rayons lumineux; or cette vue paraît confirmée par des recherches ultérieures. M. Ampère en conclut,

que pour être fondé à regarder comme incertaine l'hypothèse dont il s'agit, il faudrait déduire les lois générales données par l'expérience d'une notion physique différente, ce que personne n'a fait jusqu'ici.

L'auteur a réuni ses deux Mémoires sur la lumière en un seul, qu'il a publié sous ce titre : *Mémoire sur la surface courbe des ondes lumineuses, dans un milieu dont l'élasticité est différente suivant les trois directions principales, c'est-à-dire celles où la force produite par l'élasticité a lieu dans la direction même du déplacement des molécules de ce milieu.*

M. Ampère a aussi publié dans le courant de l'année dernière deux autres écrits, dont l'un est intitulé : *Mémoire sur l'action mutuelle d'un conducteur voltaïque et d'un aimant;* et l'autre : *Note sur l'action mutuelle d'un aimant et d'un conducteur voltaïque.* Dans le premier Mémoire, le sujet est traité complètement; dans le second, qui est une sorte d'abrégé, l'auteur a supprimé les calculs trop compliqués, il a désiré que son ouvrage fût à la portée d'un plus grand nombre de lecteurs, et il n'a conservé que ce qu'il regarde comme indispensable dans l'enseignement de cette partie de la physique. Les résultats qu'il y a consignés n'avaient été qu'indiqués par lui dans des ouvrages précédents, et c'est la première fois qu'ils sont présentés avec les développements nécessaires.

M. Chevreul a présenté un Mémoire de physique, qui sera publié dans le tome IX de la collection, et qui a pour titre :

« De l'influence optique que deux objets colorés peuvent « avoir l'un sur l'autre, quand on les voit simultanément, et

« de la nécessité de prendre dans l'art de la teinture cette « influence en considération pour juger des couleurs abstrac- « tion faite de leur solidité. »

On a remarqué depuis long-temps que dans certains cas l'œil voit un corps coloré d'une couleur différente de celle qu'on lui attribue quand ce corps est vu isolément, c'est-à-dire sans être environné d'autres objets colorés; les physiciens donnent à ces apparences le nom de couleurs accidentelles. Ce phénomène a fixé l'attention de Buffon, de Scheffer, de Darwin, de Rumford, de M. Prieur, de Laplace, etc.; mais dans les circonstances où ces auteurs ont étudié le fait, ils ne pouvaient en reconnaître toute la généralité, du moins dans le cas où l'œil voit simultanément deux couleurs juxtaposées. M. Chevreul qui, par sa place de directeur des teintures des manufactures royales, est obligé de regarder souvent des couleurs différentes et de les regarder simultanément pour les comparer ensemble, a été conduit à s'occuper des couleurs accidentelles. Il a reconnu d'abord ce fait général, que deux objets différemment colorés et juxtaposés éprouvent constamment, par l'effet de leur voisinage, une modification dans leur couleur. Si l'un est d'une couleur plus claire que celle de l'autre, le premier s'éclaircit tandis que le second devient plus foncé. M. Chevreul a fixé par expérience les modifications réciproques que les sept couleurs dites primitives, ainsi que le noir et le blanc, subissent dans cette circonstance. Il a cherché la loi de ces modifications, et il est arrivé à ce résultat remarquable : *lorsque deux couleurs A et B sont vues simultanément, à la couleur de A*

s'ajoute la couleur complémentaire de B, et à la couleur de B s'ajoute la couleur complémentaire de A.

Les couleurs sont donc vues les plus différentes possibles ; et en outre, comme le blanc paraît plus vif ou une couleur claire paraît moins foncée quand ils sont vus simultanément avec une couleur foncée qui elle-même acquiert en ce cas plus d'intensité, il en résulte que le contraste a lieu pour la couleur et pour ce qu'on nomme dans l'art du tapissier *la hauteur du ton*.

M. Chevreul remarque que dans l'explication que plusieurs physiciens ont donnée des couleurs accidentelles, on n'a pas suffisamment distingué deux cas très-différents : le premier est celui où l'œil, ayant regardé long-temps par exemple un petit carré de papier rouge placé sur un fond blanc, cesse de le regarder et se porte subitement sur une autre partie du fond blanc; alors on aperçoit un petit carré vert, c'est-à-dire la couleur complémentaire du rouge. On conçoit très-bien dans ce cas avec le P. Scherffer, comment la partie de la rétine où s'est peinte l'image du carré rouge, étant fatiguée de cette sensation, il arrive que l'œil cessant de le regarder et voyant toujours du blanc, la partie de la rétine qui est fatiguée du rouge doit recevoir une impression plus forte des rayons complémentaires du rouge que de ceux-ci, en sorte que l'œil doit voir une tache verte. Mais dans le cas où M. Chevreul a étudié les couleurs accidentelles, il y a deux zones égales différemment colorées et contiguës qui sont vues simultanément; et la complémentaire d'une des couleurs agit, non sur la partie de la rétine qui voit cette couleur, mais sur la partie qui voit l'autre couleur. Le savant auteur se propose au reste de revenir sur l'explication de ces

phénomènes, il ne s'en est occupé qu'accidentellement dans le Mémoire qu'il a lu à l'Académie.

Une partie du Mémoire de M. Chevreul est consacrée aux applications de ses recherches à l'art du tapissier des Gobelins, et en général aux effets optiques de plusieurs couleurs. Il explique les différences que la disposition des mêmes couleurs, la manière dont elles sont fondues, produisent sur l'organe de la vision. Enfin il donne des moyens très-simples de juger de l'éclat des couleurs d'un tableau ou d'une tapisserie dans les cas où le phénomène dont il a parlé pourrait induire en erreur, si on voulait juger ces couleurs d'une manière absolue, en les regardant simultanément avec celles qui les environnent.

M. Fourier a lu, le 17 mars, un Mémoire de physique, intilé : *Recherches expérimentales sur la faculté conductrice des coprs minces soumis à l'action de la chaleur, et description d'un nouveau thermomètre de contact.*

GÉODÉSIE, HYDROGRAPHIE.

Pour donner une juste idée d'un Mémoire fort important, lu à l'Académie par M. Puissant, le 11 décembre 1828, nous consignons ici le résumé des propositions qu'il a démontrées dans ce Mémoire, et dans le supplément à son Traité de géodésie. L'auteur pose en principe, 1° que dans la détermination des azimuts les observations des passages d'étoiles circompolaires à la lunette méridienne, et celles de la petite ourse dans ses élongations extrêmes, sont les meilleures à employer, parce qu'elles ne présentent généralement entre

elles que de faibles écarts, et que les oscillations autour de la moyenne des résultats pareils peuvent ne pas s'étendre au-delà de 2″ de degré ;

2° Qu'il est nécessaire de n'éloigner les stations les unes des autres que de deux à trois degrés au plus, afin d'éviter l'accumulation de la différence en longitude de ces stations ;

3° Que les mêmes angles doivent être corrigés de manière à former exactement 360°, avec ceux qui complètent un tour d'horizon ;

4° Qu'en mesurant par parties un grand arc de parrallèle, on en peut mieux saisir les irrégularités.

Ce travail de M. Puissant est livré à l'impression, et fera partie du tome IX de la nouvelle collection ; il a pour titre : *Mémoire sur la mesure et le calcul des azimuts, propres à la détermination des longitudes terrestres, ainsi qu'une méthode pour ramener à une même hypothèse d'aplatissement, des résultats géodésiques qui auraient été obtenus dans différentes hypothèses.*

Les travaux du Dépôt général des cartes et plans de la marine, dirigé par M. le contre amiral de Rossel, membre de l'Académie des Sciences, ont été poursuivis avec une activité remarquable. M. Beautemps-Beaupré, membre de l'Académie, ayant sous ses ordres le corps des ingénieurs hydrographes et plusieurs officiers de la marine royale, continue l'entreprise importante dont les sciences sont redevables au gouvernement français ; le travail relatif aux côtes du golfe de Gascogne est entièrement rédigé. La seconde partie du Pilote français, qui en est le résultat, vient d'être publiée.

Elle se compose de 25 cartes et plans, et comprend la description de toutes les côtes, ports et écueils situés entre la pointe de Penmarc'h et l'île d'Yeu. Cette précieuse collection est accompagnée de 91 tableaux de vues dessinées et gravées avec beaucoup de soin. La perfection de l'art se joint ici au sentiment d'utilité publique qui anime toutes les parties de cette glorieuse entreprise; son objet est de faire connaître avec la plus grande exactitude les lieux où se trouvent les écueils et les rochers dangereux.

Cette seconde partie du Pilote français sera suivie d'une troisième, qui comprendra les côtes du golfe de Gascogne, situées entre l'île d'Yeu et les frontières de France et d'Espagne. On suivra, pour la description et la publication, les mêmes principes que ceux qui ont présidé à l'établissement de ce travail.

M. Beautemps-Beaupré rend à la navigation un service capital en donnant connaissance des méthodes qu'il a employées, et en décrivant avec soin tout ce qui peut concourir à la perfection des détails dans les travaux hydrographiques, et les porter au plus haut degré de précision qu'ils peuvent atteindre. La description des côtes doit se rattacher aux travaux de la carte de France, confiés aux ingénieurs-géographes militaires. Il fallait donc opérer la liaison des travaux hydrographiques avec la grande triangulation qui doit servir de base à la carte générale. C'est pour arriver à ce but que M. Daussy, dont les talents et le zèle ont obtenu l'estime générale, vient d'être nommé ingénieur-hydrographe en chef, sous les ordres de M. Beautemps Beaupré, pour former une

chaîne de triangles qui se prolongeant dans toutes l'étendue du golfe de Gascogne, s'appuie sur différents côtés de la triangulation confiée à MM. les ingénieurs-géographes. L'accord qui subsiste entre les points communs de ces différentes opérations, permet de les considérer comme les parties d'un seul et même tout. Cette réunion de deux opérations aussi utiles, mettra dans tout son jour l'importance des services rendus à l'état par ces deux corps savants.

Les opérations trigonométriques dont on vient de parler ont été décrites dans un ouvrage de M. Daussy, imprimé à la suite de celui de M. Beautemps-Beaupré. On y remarque que les triangles sont fermés avec précision; les erreurs de la somme des trois angles ne sortent pas des limites des observations du même genre qui méritent le plus de confiance. Afin que rien ne manquât à l'utilité de son travail, M. Daussy a observé de distance en distance la latitude de plusieurs lieux par les méthodes propres à la déterminer avec une grande exactitude. Le précis de ses opérations est terminé par une table des positions géographiques des principaux points des côtes occidentales de France.

La révision des opérations faites aux côtes d'Afrique sous les ordres de M. le baron Roussin ayant nécessité que l'on apportât de légères corrections à la position géographique de plusieurs lieux, une nouvelle édition de la carte de la côte occidentale d'Afrique, comprise entre le cap Blanc et le cap Vert, a été publiée, et la carte de la côte située entre le cap Bojador et le cap Blanc a été ajoutée à cette précieuse collection.

M. Hell, capitaine de vaisseau, est sur le point de terminer la réunion des cartes comprenant toutes les côtes de la Corse, avec les plans des ports et des divers mouillages qui y sont situés. La collection entière sera composée de 7 cartes et de 35 plans avec des vues, sans compter la carte générale. M. Hell a eu pour principal coopérateur dans ce beau travail M. Mathieu, lieutenant de vaisseau, officier distingué, doué d'un talent particulier pour les arts du dessin. C'est en grande partie à ses soins que l'on doit la beauté d'exécution de la gravure des cartes de l'île de Corse.

Il reste à indiquer les résultats d'un travail exécuté sur les côtes de l'île de la Martinique, par M. Monnier, ingénieur-hydrographe, ayant sous ses ordres M. Le Bourguignon-Duperré, ingénieur-hydrographe. Cette opération, terminée en deux années, mérite de fixer particulièrement l'attention. Une grande chaîne de triangles a été formée et soumise aux observations. Sur presque toute la surface de l'île, on a déterminé avec précision les différents points sur lesquels devaient se fonder les opérations hydrographiques. M. Monnier, dans un ouvrage publié en 1828 sous les auspices du Ministre de la marine, a réuni, dans le plus grand détail, à l'historique de ses opérations, les données et les résultats des observations de ces triangles. Elles sont précédées d'autres observations astronomiques qui ont fixé la latitude du pavillon du fort Saint-Louis, et de remarques propres à déduire la longitude du même lieu des résultats obtenus par d'autres navigateurs. Cette première partie du travail de M. Monnier est suivie d'une table de latitude et de longitude de tous les

points situés tant dans l'intérieur de l'île que sur les côtes.

La seconde partie du même ouvrage contient la description nautique des côtes de la Martinique. Elle est précédée de détails du plus grand intérêt sur les saisons et les vents régnants dans les parages de cette île. On y donne la hauteur moyenne du mercure dans le baromètre, et des remarques sur les variations diurnes de cette hauteur. M. Monnier n'a pas négligé de faire connaître les limites de la température de plusieurs lieux, suivant leur élévation. Enfin, il donne sur les causes du plus ou moins de salubrité du climat, sur celles des grandes révolutions de l'atmosphère et des raz de marées violents auxquels ces côtes sont exposées, des notions fort importantes. Il était essentiel, pour la sûreté de la navigation, de faire connaître les courants qui ont lieu tant sur les côtes de l'île qu'à une grande distance de terre. M. Monnier a distingué avec une grande sagacité les courants provenant des causes générales, telles que celles des vents constants qui ont lieu entre les tropiques, d'avec des effets particuliers résultant de l'influence des marées qui ne se font sentir qu'à une petite distance du rivage. Le reste de l'ouvrage est consacré à donner les moyens d'attérir avec sûreté sur les côtes de l'île, de prolonger ces côtes à une distance convenable, et d'aller prendre le mouillage ou d'entrer dans les ports qui y sont situés. Le travail de MM. Monnier et Duperré ne laisse rien à désirer. Il se compose, outre l'ouvrage dont on vient de parler, d'une collection de 3 cartes et de 5 plans exécutés avec un soin extrême et dont la gravure est d'un effet remarquable, ainsi que d'une carte générale de l'île.

Tous les travaux nautiques que l'on vient d'énumérer attestent les services éminents que l'état et les sciences doivent à l'établissement vraiment royal du Dépôt des cartes et plans de la marine. Si l'on considère l'excellence des méthodes d'exploration et de calcul, et la perfection singulière que l'on atteint dans l'exécution, on reconnaîtra le rang très-élevé où la nation française s'est placée dans tous les genres de connaissances qui peuvent concourir aux progrès de la navigation.

ASTRONOMIE.

La comète à courte période de 3,3 ans, dont on attendait le retour dans l'automne de 1828, a été en effet observée dans les positions indiquées par les éphémérides de MM. Encke et Damoiseau, qui se trouvent dans la Connaissance des temps de 1827 et de 1830. M. Encke a traité la question relative à la résistance du milieu. Il était important d'examiner quel a pu être l'effet de cette résistance sur le cours de l'astre. M. Encke vient de terminer cette intéressante recherche : il a trouvé, par l'ensemble des observations faites en 1819, 1822, 1825 et 1828, que l'erreur moyenne d'une seule observation du lieu de la comète est dans l'hypothèse du milieu résistant de 18″,3 seulement, tandis qu'en n'ayant point égard à la résistance du milieu, cette erreur moyenne s'élève à 3′37″,6. Il en conclut que le milieu oppose en effet quelque résistance au mouvement de ces astres. Ce résultat de M. Encke est d'autant plus remarquable, que l'auteur n'a point employé dans sa nouvelle recherche les observations de 1795 et 1786, sur l'exactitude desquelles on a conçu des doutes.

Les progrès récents de l'astronomie physique présentent un haut degré d'intérêt; il nous a paru utile de consigner dans ces analyses plusieurs résultats des travaux de M. Struve. Ce savant astronome vient de publier le catalogue des étoiles doubles comprises entre le pôle boréal et le 15^{e} degré de déclinaison australe, jusqu'aux plus brillantes de la 9^{e} grandeur. Les positions n'y sont données qu'en minutes pour la déclinaison, et en dixièmes de minute pour l'ascension droite. L'auteur s'est borné présentement à faire une revue complète de toutes les étoiles doubles de cette partie du ciel, et se propose d'en déterminer plus tard les positions exactes. Le nombre total des étoiles doubles que renferme le catalogue de M. Struve est de 3063; sur ce nombre, 2463 n'avaient encore été désignées comme telles dans aucun recueil.

M. Struve les partage en quatre classes : la 1re comprend celles qui sont éloignées de moins de 4″; la 2^{e}, celles qui sont à plus de 4″ et à moins de 8″; la 3^{e} a pour limites d'éloignement 8″ et 16″; et la 4^{e}, 16″ et 32″. Il remarque que cette dernière classe est certainement incomplète. La 1re classe contient 987 étoiles; la 2^{e}, 675; la 3^{e}, 659; et la 4^{e}, 727. Il est remarquable que la classe des étoiles les plus voisines soit la plus nombreuse.

D'après différentes hypothèses particulières, M. Struve est conduit à admettre comme une limite, que dans cette classe, sur 100 étoiles, 98 au moins sont rapprochées parce qu'elles forment un système, et non par un effet de projection; qu'on en peut dire autant de 90 étoiles de la 2^{e} classe sur 100, de 58 de la 3^{e}; qu'enfin, la 4^{e} classe ne contient guère que la moitié des étoiles qu'elle devrait renfermer.

M. Struve a retrouvé doubles un certain nombre d'étoiles

que William Herschel avait désignées comme telles, et que, depuis, les autres observateurs et lui-même n'avaient pas pu séparer. Le rapport du nombre total des étoiles d'une certaine grandeur au nombre des étoiles doubles du même ordre varie beaucoup avec cette grandeur; il est 5,7 pour les étoiles de 1re, 2e et 3e grandeur, et pour les brillantes de 4 et 5e grandeur; 7,9 pour les étoiles d'un éclat moyen; et 12,6 pour les petites de 6e et 7e grandeur.

Revenant à l'examen de cette question, plusieurs des étoiles qui nous paraissent très-rapprochées, le sont-elles par l'effet de leur liaison mutuelle ou par un effet de projection? M. Struve arrive à conclure que, pour les deux premières classes, toutes sont dans le 1er cas; que pour les deux dernières on compte à peine deux étoiles non comprises dans ce même cas. La probabilité, que deux étoiles distantes même de plusieurs minutes ne sont rapprochées qu'en apparence, est encore très-faible : très-peu d'étoiles doubles peuvent donc servir à la détermination de la parallaxe annuelle.

M. Poncelet s'est fait connaître depuis long-temps par d'ingénieuses et importantes recherches sur la géométrie et la mécanique. Il a présenté un Mémoire sur la théorie des polaires réciproques; et une commission, composée de MM. Legendre, Poinsot et Cauchy (rapporteur), a rendu compte de cet ouvrage. Les résultats de ses recherches sont variés et remarquables, le rapport les présente avec beaucoup d'ordre et de clarté : une analyse succincte n'en pourrait donner qu'une idée très-incomplète; nous citerons seulement les conclusions qui ont été proposées, et que l'Académie a adoptées.

Le Mémoire de l'auteur a offert à la commission de nouvelles preuves de la sagacité qu'il a montrée dans la recherche des propriétés des courbes et des surfaces courbes : son travail a droit à l'approbation de l'Académie.

Cette opinion de la commission a confirmé celle que tous les géomètres se sont formée des talents et du mérite de M. Poncelet, qui cultive avec autant de zèle que de succès toutes les parties des sciences mathématiques.

M. de Corancez, auteur de plusieurs ouvrages de mathématique et de littérature, a présenté à l'Académie un Mémoire intitulé *de l'Intégration de quelques équations aux différences partielles, et du mouvement de l'eau dans les vases.* Une commission, composée de MM. Lacroix, Poinsot et Navier (rapporteur), a rendu compte de ce travail dans la séance du 23 juin 1828.

Après avoir exposé l'objet que l'auteur a traité dans chaque partie de son Mémoire, et les méthodes d'intégration qu'il a suivies, on fait connaître la nouvelle solution qu'il a donnée de la question des ondes produites par l'immersion d'un corps d'une figure connue. Messieurs les commissaires font observer que l'auteur ne suppose point que la dimension du corps plongé étant très-petite, il s'ensuit que la figure de ce corps peut être représentée par une portion de parabole. Il donne une solution générale de le question, et les conséquences auxquelles il parvient s'accordent avec celles qui résultent des recherches de M. Cauchy.

Le rapport contient ensuite l'exposé des résultats principaux que l'auteur a déduits de son analyse en traitant une

question très-remarquable, celle du mouvement oscillatoire de l'eau dans les vases. Cette question est d'un grand intérêt, parce qu'elle offre un moyen facile de comparer aux observations les conséquences numériques du calcul. M. le rapporteur fait connaître, de la manière la plus claire, la marche analytique et les résultats de la solution ; il montre l'analogie singulière de cette question avec celle du mouvement de la chaleur dans un corps cylindrique, et les lois remarquables auxquelles les oscillations du fluide sont assujéties ; ces conséquences, que l'analyse seule pouvait faire connaître, attireront l'attention de tous les géomètres. Le rapport présente ensuite l'indication des expériences faites par l'auteur, et montre la coïncidence frappante des nombres observés avec ceux que le calcul détermine. Messieurs les commissaires ajoutent ce qui suit : « Avant de terminer ce rapport, nous ne pouvons nous dispenser de faire remarquer que les recherches dont on vient de rendre compte sont fondées sur la même méthode analytique que celles dont l'auteur de la théorie de la chaleur a déduit les intégrales propres à cette théorie. Cette analyse a servi dans ces derniers temps à résoudre plusieurs questions physiques fort importantes, dont le calcul intégral n'avait pu jusqu'ici donner la solution. »

Nous citerons textuellement la conclusion de ce rapport : « Le travail de M. Corancez suppose une connaissance approfondie de l'analyse. Il ajoute aux résultats antérieurs l'interprétation mathématique d'un phénomène qu'il importait de soumettre au calcul. Nous pensons que ce Mémoire mérite l'approbation de l'Académie, et qu'il doit être imprimé dans le recueil des Mémoires des savants étrangers. »

L'Académie a adopté cette proposition.

MM. Lamé et Clapeyron, anciens élèves de l'école polytechnique, ingénieurs des mines au service de Russie, ont présenté à l'Académie un ouvrage manuscrit qui a fixé l'attention des géomètres, et dans lequel ils considèrent, sous les rapports mathématiques et physiques, l'équilibre des corps solides homogènes. MM. Poinsot et Navier, rapporteur, ont examiné ce travail et en ont rendu un compte très-favorable. Ces questions ne sont pas du nombre de celles dont on peut donner une juste idée dans une analyse succincte. Les recherches dont il s'agit seront imprimées par ordre de l'Académie, et alors les géomètres apprécieront toute l'importance de ce travail, et les méthodes d'analyse que les auteurs ont suivies. On fait remarquer dans le rapport que les équations différentielles qui représentent les conditions de l'équilibre des solides élastiques ont été données, pour la première fois, par M. Navier; elles se trouvent dans un Mémoire qu'il a présenté en 1821, dont un extrait a été publié peu de temps après, et qui est imprimé en entier dans le tome VII de nos Mémoires : c'est dans cet écrit que l'on expose l'idée fondamentale des recherches d'analyse sur les corps élastiques. MM. Lamé et Clapeyron ont employé les mêmes principes physiques, et ils ont poursuivi avec un grand succès ce genre de recherches. MM. les commissaires ont remarqué que, dans les exercices mathématiques publiés par M. Cauchy, on trouve aussi plusieurs proposions relatives à la pression intérieure dans les solides, dont quelques-unes avaient été données antérieurement par M. Fresnel, et qui sont analogues à celles de MM. Lamé et Clapeyron. Les auteurs du Mémoire remarquent que la théorie exposée dans leur ouvrage diffère essentiellement de celle qui a été em-

ployée par M. Cauchy. Les commissaires s'abstiennent de parler des recherches publiées après la présentation du Mémoire qu'ils ont examiné. Ils exposent ensuite plusieurs conséquences très-remarquables que les auteurs ont obtenues en traitant diverses questions qui intéressent la physique et les arts. Le dernier chapitre de l'ouvrage de MM. Lamé et Clapeyron est consacré à des questions analytiques d'un ordre plus élevé. Dans cette partie du Mémoire (ajoutent messieurs les commissaires) on retrouve les formes analytiques propres aux questions de la théorie de la chaleur, et qui semblent destinées à donner aux géomètres l'expression mathématique des phénomènes naturels les plus importants et les plus divers.

En terminant leur rapport, les commissaires remarquent que plusieurs géomètres ont traité cette nouvelle théorie d'après des principes sur lesquels on ne s'accorde pas généralement. Ceux que les auteurs du Mémoire ont suivis ne diffèrent point des notions fondamentales que le rapporteur lui-même avait établies. Toutefois, ce n'est pas d'après cette conformité qu'on a jugé du mérite de l'ouvrage de MM. Lamé et Clapeyron. La commission considère que le temps et l'assentiment des géomètres sont nécessaires pour fixer les idées sur des questions de cette nature ; elle ne propose donc aucune opinion sur ce point, et réserve expressément cette partie de la discussion ; mais, appréciant sous d'autres points de vue le travail important des auteurs du Mémoire, elle y reconnaît un mérite remarquable, qui le rend digne de l'approbation de l'Académie, et propose que ce travail soit imprimé dans la collection des Mémoires des savants étrangers.

L'Académie a adopté ces conclusions.

MM. Arago et Savart avaient été chargés de rendre compte d'un procédé imaginé par M. Bunten, pour empêcher que l'introduction d'une bulle d'air ne nuise à l'exactitude des observations faites avec les baromètres de M. Gay-Lussac.

Au nombre des services que ce grand physicien a rendus aux sciences d'observation, on doit compter l'heureuse disposition qui rend le baromètre commode et portatif. Toutefois l'expérience a fait connaître que dans certains cas, il passerait une bulle d'air dans la grande colonne; c'est cet inconvénient que M. Bunten a cherché à prévenir, et il y a réussi par un moyen très-simple. Il suffit de former dans le grand tube une cloison vitreuse, du centre de laquelle descend perpendiculairement un tube capillaire; il résulte du rapport de M. Arago, que les commissaires ont reconnu l'utilité de cette disposition. M. Bunten conserve tous les avantages des baromètres qui ont reçu et qui doivent conserver le nom de M. Gay-Lussac. Il ne change aucun des caractères principaux qui distinguent ce baromètre de tous les autres, et il y apporte une heureuse modification, que l'Académie se fait un devoir d'approuver et de recommander par son suffrage.

M. Daussy a réuni, dans un Mémoire présenté à l'Académie, de nouvelles déterminations des longitudes géographiques de Malte, de Corfou et de Milo. Une commission composée de MM. de Rossel et Arago, rapporteur, a rendu compte de ce travail, et a fait connaître les divers éléments que l'auteur a employés dans ses recherches. L'incendie de l'observatoire de Malte, en 1789, avait détruit les observations re-

cueillies par le directeur, M. d'Angos; l'auteur du Mémoire a déterminé la longitude de cette île par le concours de divers documents, qui sont énoncés et discutés dans le rapport. Toutes les observations de Malte sont de M. Rumker. Outre les résultats purement astronomiques, M. Daussy rapporte les déterminations chronométriques de M. le capitaine Gauttier; et de l'ensemble des observations, il déduit la longitude de Malte.

2 occultations et une éclipse de ⊙ ont donné	48′ 46″, 8
8 occultations comparées aux tables.....	48′ 47″, 7
8 montres marines rapportées à Toulon....	48′ 41″, 6
3 montres marines rapportées à Formentera	48′ 42″, 1

Ainsi, soit qu'on adopte la moyenne des résultats, soit que l'on se borne, comme messieurs les commissaires le croient préférable, aux déterminations chronométriques, ils pensent que la longitude de Malte est déterminée par le travail de M. Daussy, avec la précision de 2 ou 3″ de temps. Les recherches sur la longitude de Milo n'intéressent pas moins la science géographique, à raison de l'importance de cette position dans la précieuse carte de l'Archipel. Monsieur le rapporteur expose et discute les résultats de cette recherche, et ceux qui ont pour objet la longitude de Corfou.

Les conclusions qui terminent le rapport ont été adoptées par l'Académie. Nous les insérons textuellement dans cette analyse. L'auteur trouvera dans cette délibération et dans le témoignage des deux savants académiciens, membres du Bureau des longitudes, une juste récompense de ses travaux, et des motifs qui le porteront à les continuer.

« Nous venons d'analyser les importants résultats que M. Daussy a obtenus. Les longs calculs qu'ils ont nécessités nous paraissent faits avec tout le soin possible et avec les attentions les plus minutieuses. Un travail de ce genre, qui embrasserait un certain nombre de positions convenablement choisies sur la surface du globe, aurait le plus grand intérêt. C'est par là qu'il faudrait commencer la réforme, devenue maintenant indispensable, des catalogues de longitudes et de latitudes les mieux accrédités. L'auteur du Mémoire est plus en état que personne de rendre à la géographie cet éminent service : jeune, plein de zèle, calculateur infatigable, familiarisé avec les meilleures méthodes de réduction, astronome praticien, et, dès-lors, très-bon juge du mérite relatif des différents moyens d'observations, M. Daussy joint à tous ces avantages celui d'être attaché au Dépôt de la marine, en qualité d'ingénieur hydrographe, et de pouvoir puiser librement dans la riche collection de documents inédits que ce bel établissement possède.

« Il nous semble, d'après toutes ces considérations, qu'en accordant son approbation la plus entière au travail que M. Daussy lui avait soumis, l'Académie doit l'inviter à parcourir avec persévérance la route pénible et féconde en utiles résultats dans laquelle il vient d'entrer. »

M. Alexandre Roger, major du génie de la Confédération suisse, s'est proposé de mesurer la hauteur du Mont-Blanc au-dessus du lac de Genève, et celle du lac de Genève au-dessus de la mer. M. Arago et M. Mathieu, rapporteur, ont rendu compte de ce travail, et en ont indiqué les résultats.

M. Roger, qui avait mesuré trigonométriquement la hauteur de plusieurs points du Jura au-dessus du lac de Genève, entreprit de déterminer la hauteur du Mont-Blanc. Dans ce dessein, il se transporta au sommet de six montagnes, qui n'ont pas moins de onze à quinze cents mètres au-dessus du lac, et il mesura la hauteur angulaire apparente de la cime du Mont-Blanc; et, ayant calculé la différence du niveau entre le Mont-Blanc et ses stations, il en conclut, pour l'élévation du Mont-Blanc sur le lac de Genève, six résultats assez peu différents, dont la comparaison lui donne $4435^{\text{mètres}}, 5$. MM. les commissaires exposent et discutent les procédés que M. le major Roger a suivis dans ses intéressantes recherches.

La seconde partie de son travail a pour objet la hauteur du lac de Genève au-dessus de la mer. Le rapport présente les deux résultats principaux que M. Roger a déterminés; ensuite, MM. les commissaires rapprochent ces résultats de ceux qui ont été consignés antérieurement dans un recueil scientifique par M. Corabœuf, colonel au corps des ingénieurs géographes : l'examen des méthodes d'observations et des calculs qu'il a suivis, confirme l'opinion très-favorable que l'on s'est formée depuis long-temps des travaux de cet officier.

Les conclusions proposées par les commissaires sur le travail de M. le major Roger, rapproché de celui de M. Corabœuf, sont ainsi exprimées :

« Les résultats obtenus d'abord par M. Corabœuf, dans des circonstances qui paraissent être très-favorables, soit au môle, soit au mont Chervin, et les résultats ultérieurs de M. Roger, déduits de ses observations du môle, montrent que la hauteur du Mont-Blanc au-dessus du lac de Genève

est très-voisine de 4435 mètres. Quant à l'élévation du lac au-dessus de la mer, la valeur de $375^{m},89$ l'exprime avec toute la précision que l'on peut espérer au moyen de distances zénithales réciproques, mais non simultanées. En adoptant ces nombres, l'élévation du Mont-Blanc au-dessus de la mer serait de 4811 mètres. MM. les commissaires pensent que l'Académie doit engager M. Roger à continuer ses observations sur les principaux sommets du Jura et des Alpes, et le remercier de la communication qu'il lui a faite. »

Ces conclusions ont été adoptées par l'Académie.

Une commission, composée de MM. Gay-Lussac, Ampère et Molard, avait été chargée d'examiner les lampes hydrostatiques à double courant d'air présentées par MM. Thilorier et Barachin, et par MM. Masson, Moinat, Milan jeune et Osmond. M. Molard a fait un rapport détaillé sur le résultat de cet examen. Dans la première partie on rappelle les perfectionnements ingénieux et utiles que MM. Girard frères ont apportés dans la composition des lampes à double courant d'air, et l'on décrit spécialement celle de ces lampes où l'on emploie une liqueur plus pesante que l'huile pour remplacer ce dernier liquide dans le réservoir inférieur; on y indique le procédé remarquable qui fait remonter le liquide dans le réservoir supérieur. L'usage de cet instrument offre des avantages, mais il était sujet à quelques inconvénients qu'il importait de corriger. Le savant rapporteur expose les changements graduels que ces lampes ont subis; il décrit spécialement le procédé de MM. Thilorier et Barachin, et il en montre les avantages; ensuite il rend un compte favorable

des lampes de MM. Masson, Moinat, Milan jeune et Osmond. Le rapport est terminé par le résumé suivant :

« MM. Thilorier et Barachin, en se servant du bec rétréci à son sommet, dont l'effet est d'augmenter la capillarité de la mèche, obtiennent une lumière qui peut être comparée à celle des lampes à niveau constant.

« MM. Masson, Moinat, Milan jeune et Osmond, indépendamment de l'emploi de becs capillaires, ont établi leurs lampes de manière à les rendre à niveau constant, condition essentielle pour une lampe à double courant d'air.

« L'expérience a prouvé que dans l'une et l'autre des lampes qui sont l'objet du rapport, la mèche, quoique élevée de sept millimètres au-dessus du bec, ne se carbonise que de deux millimètres pendant la durée de la combustion de l'huile. Cette élévation de la mèche au-dessus du bec a de plus l'avantage qu'il n'est point détérioré, ni même noirci; d'où il suit que ces lampes n'auront que bien rarement besoin d'être nettoyées. Nous avons l'honneur de proposer à l'Académie d'approuver les appareils dont on vient de rendre compte, et de témoigner aux auteurs l'intérêt qu'elle prend aux perfectionnements des lampes hydrostatiques à double courant d'air. »

L'Académie a adopté ces conclusions.

Une commission, composée de MM. Silvestre et Coquebert-Montbret, rapporteur, a examiné un travail fort intéressant de M. Auguste Duvau, sur la statistique de l'ancienne Touraine. L'auteur a composé cet écrit pour montrer, sous un jour plus favorable, et qu'il croit plus conforme à la vérité,

une partie du territoire français qui lui est parfaitement connue, et qu'il a vue avec peine classée au nombre de celles où la civilisation n'a encore fait que des progrès médiocres. M. Duvau conteste plusieurs des assertions dont il s'agit, et il insiste principalement sur la nécessité de distinguer les qualités naturelles propres aux diverses parties du territoire. C'est sous ce point de vue que MM. les commissaires ont considéré l'ouvrage dont ils ont rendu compte, et les excellentes réflexions qu'ils font à ce sujet méritent l'attention de tous les écrivains et de tous les hommes d'état qui s'occupent de recherches statistiques.

En effet, il est nécessaire de s'astreindre aux divisions administratives dans l'énumération des faits, lorsqu'on a pour but de rassembler les documents statistiques qui intéressent le gouvernement de l'État; mais lorsqu'on a en vue les applications aux différentes branches des connaissances humaines, telles que la météorologie, l'agriculture, l'hygiène, et même l'économie civile, les divisions administratives sont insuffisantes ou peuvent induire en erreur. D'autres considérations exigent une manière différente de traiter et de diviser le sujet. Il est préférable d'examiner surtout les propriétés naturelles, et leur influence sur les produits du territoire et sur la condition des habitants. Suivant cette méthode, les objets semblables seront rassemblés sous un même point de vue; on imitera en cela la méthode des naturalistes lorsqu'ils s'attachent à rapprocher les uns des autres, et à réunir sous une dénomination commune, les objets qui ont entre eux le plus grand nombre de rapports. Les commissaires développent ce principe, qui les ramène à l'examen de l'ouvrage de M. Duvau. Nous pensons, ajoutent-ils, que l'auteur mé-

rite, principalement sous ce rapport, l'approbation de l'Académie, et qu'il doit être invité à continuer de donner à ses recherches statistiques la même direction, en les étendant, s'il lui est possible, à une plus grande partie du bassin de la Loire, et en appliquant à ses travaux les connaissances géologiques et botaniques dont il a donné des preuves. Ces conclusions ont été adoptées par l'Académie.

OUVRAGES IMPRIMÉS.

Les ouvrages imprimés qui ont été offerts par MM. les Académiciens ou correspondants et par divers auteurs de recherches scientifiques, sont trop nombreux pour qu'il nous soit possible d'en insérer ici l'énumération. Nous nous sommes fait un devoir d'entretenir une correspondance régulière avec les personnes qui nous les ont adressés; en leur transmettant les remercîments de l'Académie, nous leur avons témoigné le prix qu'elle attache aux savantes productions qui lui sont offertes. Ces correspondances se multiplient de plus en plus, et la bibliothèque de l'Institut royal s'enrichit de précieuses collections, qu'un très-grand nombre de personnes studieuses s'empressent de consulter. Nous rappelons ici plusieurs de ces ouvrages imprimés dont nous n'avons pas indiqué l'objet dans la présente analyse, et qui ont un rapport direct avec les études mathématiques.

Mesure d'un arc du parallèle moyen en Piémont et en Lombardie, servant à la vérification du degré du méridien de Turin, et à la comparaison des bases de France avec celle mesurée près de Turin.

Observations géodésiques et astronomiques pour la mesure d'un arc du parallèle moyen, exécutées en Piémont et en Savoie, par une commission composée d'officiers de l'état-major général et d'astronomes piémontais et autrichiens, en 1821, 1822 et 1823.

Histoire générale des Voyages, ou nouvelle Collection des relations de Voyages par terre et par mer, mise en ordre et complétée jusqu'à nos jours par M. Walckenaer, membre de l'Institut; 1827.

Expériences pour déterminer la différence de longueur du pendule à secondes, par M. le capitaine Sabine; et *Expériences pour s'assurer des rapports de la force magnétique.*

Traité élémentaire des machines, par M. Hachette, 4e édition, 1828.

Mémoire de la Société astronomique de Londres; 1827.

Forces productives et commerciales de la France, par M. le baron Ch. Dupin; 2 vol., 1827, avec 2 cartes.

Exercices de Mathématique, par M. Cauchy. Livraisons successives.

Bulletin universel des Sciences et de l'Industrie, publié sous la direction de M. le baron de Férussac.

Rapport fait à l'Académie des Sciences, au nom d'une commission, sur un Essai d'un système général de navigation intérieure.

Observations astronomiques faites à l'Observatoire royal de Greenwich, pendant les années 1824, 1826 *et* 1827, par M. Pond, astronome de la Société royale de Londres.

Réflexions présentées aux éditeurs des futures éditions de l'Histoire de l'Astronomie.

Leçons sur les applications du calcul infinitésimal à la géométrie, par M. Cauchy; 1828.

Carte topographique du Bosphore de Thrace et des environs de Constantinople, levée par M. Thomassin.

Programme d'un concours pour le percement des puits forés suivant la méthode artésienne, par M. le vicomte Héricart de Thury; 1828.

Constantinople et le Bosphore de Thrace, pendant les années 1812, 1813 *et* 1814, *et pendant l'année* 1826, par M. le comte Andréossy; 1828.

Troisième série d'observations faites avec un télescope de 20 *pieds.*

Extrait du tome III des Mémoires de la Société astronomique de Londres, par M. Herschel, président de cette Société.

A description of a vertical floating collimator, and an account of its application to astronomical observations, etc., by captain Henry Kater.

An account of trigonometrical operations in the years 1821, 1822 *and* 1823, *for determining the difference of longitude between the royal observatories of Paris and Greenwich*, by M. Henry Kater.

Atlas universel de Géographie ancienne et moderne, contenant les cartes générales et particulières de toutes les parties du monde, par M. A. Brué, 2e édition, 1828.

Analyse des travaux de la Société royale des Sciences de Copenhague, du 31 *mai* 1825 *au* 31 *mai* 1826, par M. le professeur OErsted.

Remarques géographiques sur les parties intérieures du cours du Sénégal et de celui de la Gambie, par M. Jomard.

Les livraisons successives du Voyage autour du monde, fait par ordre du Roi pendant les années 1817-1820, par M. Louis de Freycinet.

Observations astronomiques faites en 1822, 1823, 1824 *et* 1825, *à l'observatoire royal de Turin, précédées d'un Mémoire sur les réfractions astronomiques*, par M. Plana.

Théorie des fonctions elliptiques, premier supplément, par M. Legendre.

Mémoire sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques, par M. Poisson.

Mémoire sur la partie du coefficient de la grande inégalité

de Jupiter et de Saturne, qui dépend du carré de la force perturbatrice, par M. Plana.

Traité de Géométrie descriptive, comprenant les applications de cette géométrie aux ombres, à la stéréotomie et à la perspective, par M. Hachette.

Dictionnaire technologique, ou nouveau Dictionnaire universel des Arts et Métiers et de l'économie industrielle et commerciale, par une Société de Savants et d'Artistes.

M. le capitaine Louis de Freycinet, membre de l'Académie, a continué la publication de l'histoire de son Voyage autour du monde : le récit de cette expédition mémorable, dont les sciences ont retiré tant d'avantages, a été poursuivi jusqu'à la fin de la seconde partie du tome I^er^. Les stations dont l'auteur donne une description plus ou moins étendue, en raison de la durée des relâches qu'il y a faites, sont : le cap de Bonne-Espérance, l'Ile-de-France, Bourbon, la Baie des Chiens marins à la Nouvelle-Hollande, et Timor.

Le travail relatif à cette dernière île nous paraît surtout très remarquable par son étendue et par ses détails. Un grand nombre de planches, qui intéressent autant par le choix des sujets que par la perfection du dessin et de la gravure, complètent ce que les descriptions écrites pouvaient encore laisser d'incertain.

L'auteur donne d'abord la relation de son séjour sur cette grande île, qui ne compte pas moins de cent lieues dans son plus grand diamètre; et il arrive à la description du pays,

qu'il examine sous ses rapports les plus importants : l'histoire de cette contrée, depuis les temps primitifs jusqu'à nos jours, en forme le préliminaire. De là, passant en revue les diverses circonstances physiques, morales, politiques et industrielles qui s'y rapportent, l'auteur présente le détail de la géographie intérieure de l'île, qui était entièrement ignorée jusqu'à ce jour. On trouve ensuite le résumé des observations météorologiques, magnétiques et géologiques, et tous les faits relatifs à la fertilité du sol, ainsi qu'aux productions végétales et animales. On y fait connaître spécialement l'état de l'homme considéré comme individu, les maladies propres à ces climats, et leur traitement. On considère ensuite l'homme vivant en famille, et l'homme réuni en société. Il est facile d'apprécier toute l'importance de ces considérations; nous regrettons de ne pouvoir les indiquer que sommairement. Il n'y a aucune de ces recherches qui ne présente le plus grand intérêt. Ne pouvant tout citer, nous nous bornerons à faire remarquer les articles *Population*, *Religion* et *Jeux*, comme offrant des particularités qui exciteront l'attention au plus haut degré. Ces tableaux sont suivis de ceux qui se rapportent à l'industrie agricole et manufacturière, au commerce d'exportation et d'importation, aux mesures et aux monnaies, enfin aux questions qui intéressent les pouvoirs politiques, la force armée et tous les objets du gouvernement. Un nouveau volume suivra celui que l'on vient d'annoncer : il va être livré à l'impression; il complétera cet important ouvrage.

Mémoire sur la population comparée de l'Égypte ancienne et moderne.

L'auteur a eu pour but d'établir, d'après des autorités que l'on ne peut récuser, la population effective de l'Égypte actuelle, et celle qu'elle a pu avoir sous les Arabes et sous ses anciens rois. On ne pourrait point évaluer la population de l'ancienne Égypte d'après les récits exagérés des écrivains grecs et arabes. L'auteur a traité cette question avec beaucoup de soin; et nous pensons que personne ne réunit au même degré toutes les connaissances et les observations que cette discussion exige.

Il importe aux sciences historiques que l'on se forme une opinion exacte sur la population d'un pays qui a vu s'élever Thèbes, Memphis, et tant de monuments admirables.

M. Jomard fixe d'abord d'une manière positive la superficie de l'Égypte, d'après les opérations topographiques des ingénieurs de l'armée française, celles de M. le colonel Jacotin, et les siennes propres; il l'évalue à 1500 lieues carrées, actuellement cultivées ou habitées.

Dans un second chapitre, il établit le nombre des lieux habités, d'après les registres coptes qui ont servi à l'administration française, et d'après les travaux des ingénieurs : ce nombre est de 3600 villes ou villages, non compris les grandes villes. On trouve dans le grand ouvrage sur l'Égypte la liste générale de tous ces noms de lieux, en français et en arabe. Cet index géographique est dû à l'auteur du Mémoire; il fixe, d'après plusieurs données, à 1385 le nombre d'habitants par chaque lieue carrée : en tout 2,077,500 individus;

plus 148,000 environ pour la ville du Kaire. Ainsi le nombre total des habitants de l'Égypte est, sans y comprendre les tribus arabes, environ 2,489,000. L'auteur rapporte et discute tous les faits qui ne permettent pas de douter que l'on n'ait beaucoup exagéré l'ancienne population de l'Égypte. Enfin, après avoir examiné ce que produit l'Égypte annuellement, il montre qu'en exportant chaque année une quantité de grains égale à sa consommation, l'Égypte peut nourrir aujourd'hui deux millions et demi à trois millions d'habitants. Or la superficie cultivable actuelle de l'Égypte, évaluée à 1500 lieues carrées, ne peut avoir autrefois excédé 2000 lieues; c'est ce qui résulte des barrières naturelles qui en forment les limites, et de la nécessité du séjour des eaux sur le sol productif.

On conclut donc d'un examen très-approfondi, que dans l'antiquité, et à l'époque de sa prospérité la plus grande, l'Égypte n'a pu nourrir que beaucoup moins de six millions d'habitants, en exportant des grains pour un égal nombre. Il y a loin de là aux rapports des auteurs anciens et modernes, qui ont porté jusqu'à vingt-sept et même jusqu'à quarante millions l'ancienne population de l'Égypte. M. Jomard examine à cette occasion le récit de Diodore de Sicile, qui indique le nombre des enfants que l'on disait être nés en Égypte le même jour que Sésostris; et il propose une explication de ce passage.

Une autre partie de cet écrit a pour objet de supputer la population sous les Arabes, au moyen de la capitation qui fut exigée lors de la conquête. L'auteur recherche quel a été alors et depuis l'impôt payé par l'Égypte à ses conquérants, et il trouve pour résultat une population de quatre millions et demi.

Un ouvrage plus étendu, et qui a dû exiger de l'auteur encore plus de travail et de recherches, est la description de la ville du Kaire. Ce Mémoire statistique se rapporte à l'année 1801; il servira à constater les variations que doit subir cette grande capitale, la ville de l'empire ottoman la plus considérable et la plus riche après Constantinople. L'auteur a profité des circonstances les plus favorables dans lesquelles il s'est trouvé; et comme il réunit tous les genres de connaissances qu'exigent des sujets aussi variés, il a donné à son travail un degré d'étendue et d'exactitude qu'il est bien rare de trouver dans une pareille matière.

Le premier chapitre offre une vue générale sur la position de la ville, le climat, la distribution intérieure et l'aspect monumental. On y indique les principaux établissements, la population, le commerce et l'industrie de cette capitale.

Le second chapitre contient la liste en arabe et en français de tous les noms des lieux, des rues et des monuments, tels que les portes, les ponts sur le canal, les mosquées, les palais, les citernes, les bains publics, les écoles. Le plan du Kaire où ces noms sont gravés est celui qui fut levé par nos ingénieurs géographes en douze feuilles, sur une très-grande échelle, mais réduit à une seule grande feuille. Le classement des noms de lieux y est assujéti à un ordre méthodique : la simple inspection de ce plan, comparé à la nomenclature qui en forme la légende, peut rendre la ville du Kaire aussi familière au lecteur, que le serait aucune des villes de l'Europe. Le nombre des lieux et des monuments ainsi indiqués est de 2569. L'auteur a apporté le plus grand soin à la correction exacte des noms de lieux, pour faciliter les rapprochements historiques dans les écrivains arabes. M. Jomard

passe en revue les monuments de la ville, en comparant ce qu'en ont dit les écrivains arabes avec ses propres observations. Les objets qu'il présente à l'attention du lecteur sont: 1° le canal du Kaire avec ses divers noms, et ceux des princes qui l'ont réparé; les fêtes qui ont lieu à l'ouverture de ce canal; 2° la description des principales portes de la ville, comme celles de Nasr, de Fotouh et de Joueyleh; 3° les mosquées, qui sont les monuments les plus riches et les plus ornés de tous dans les villes musulmanes : ces grands édifices sont décrits avec tous les détails que l'on peut désirer; on en rappelle l'origine, et on indique le caractère de l'architecture, principalement pour les mosquées Touloun, Del-Nakym, d'El-Azhar, de Sultan Galaoun, et celle de l'hôpital du Kaire, le Mouristan; 4° la liste et la description des principaux palais du Kaire, des bains, des citernes, des écoles, en un mot, de tout ce qui peut contribuer à la connaissance exacte des usages et des faits.

On y a joint une description fort importante, celle de la citadelle du Kaire, avec ses principaux monuments; le puits, le divan qui portent le nom de Joseph. L'auteur fait ensuite connaître, avec des détails précieux, le commerce et l'industrie des Égyptiens, les principaux bazars et marchés, les marchandises d'exportation et d'importation, les faits et les usages qui intéressent les arts. Il rappelle la fondation de cette ville et les divers agrandissements qu'elle a reçus. Il s'attache à donner une juste idée des mœurs des habitants. Il décrit les jeux des Égyptiens, les danses des almées, les cérémonies, les fêtes domestiques, les illuminations des fêtes religieuses, et les usages que l'on observe à l'ouverture du canal.

A la description statistique du Kaire est jointe celle des petites villes de Boulâq, Gyzeh, le vieux Kaire, Masr el Aftigah ou Ostât. L'auteur décrit l'île de Rondah, le nilomètre, les jardins, l'aspect pittoresque du mont Mogattam et de la ville des tombeaux qui environnent le Kaire. Un plan très-détaillé complète la topographie de cette capitale et de la banlieue du Kaire.

On doit à M. Jomard deux cartes de l'Égypte ancienne et moderne, fondées sur la grande carte topographique de ce pays, dressée par M. le colonel Jacotin, à laquelle il a pris part comme ingénieur. L'une représente l'Égypte et une partie des contrées adjacentes; l'autre est destinée spécialement à la Basse-Égypte, et fait connaître bien distinctement les anciennes branches et embouchures du Nil. Ce n'est pas seulement par l'application du nom du lieu ancien au lieu moderne, que ces cartes intéressent la géographie; c'est principalement parce que l'auteur y rapporte toutes les distances itinéraires citées par divers écrivains en schœnes, stades, milles : ce qui permet d'apprécier l'exactitude de ces données, la nature des mesures, et le degré des anciennes connaissances géographiques. Un résultat très-curieux de ce travail est que les distances rapportées par les auteurs ne sont exactes que prises en ligne droite : on peut consulter à ce sujet l'ouvrage que M. Jomard a publié, en 1816, sur le système métrique des Égyptiens.

Une antique coudée égyptienne, découverte par M. le chevalier Drovetti dans les ruines de Memphis, a fourni à M. Jomard le sujet d'une lettre adressée à M. Abel Remusat, sur la longueur absolue de cette coudée. Il compare les divers monuments métriques trouvés à Memphis dans ces derniers

temps, et fait remarquer les variations qui paraissent être survenues dans la longueur de cette mesure. Les chiffres gravés sur toutes les coudées confirment les valeurs qu'il avait assignées aux signes numériques des Égyptiens, dans de précédents Mémoires.

Les recherches de M. Jomard se sont aussi étendues à la géographie moderne. Désirant faciliter les explorations dans l'Afrique intérieure, il vient de publier deux cartes d'une partie du cours du Sénégal et du cours de la Gambie, précédées de remarques géographiques sur ces deux fleuves. Il expose les raisons qui le portent à croire qu'il y a eu erreur jusqu'ici dans le tracé de leurs cours; il rend compte des divers documents qui lui ont servi à dresser ces deux cartes, et il prouve qu'il faut rapprocher sur les cartes d'Afrique le haut Sénégal de l'Océan, et porter la Gambie plus au Sud. Il suit de là que Tombouctou et d'autres villes de l'Afrique centrale doivent être plus près de la mer qu'on ne le pense communément. Il y donne aussi des listes, en français et en arabe, des noms des lieux, depuis Saint-Louis du Sénégal jusqu'à l'ancien fort Saint-Joseph, et un tableau des positions géographiques des principaux lieux de ces parages.

Dans un autre écrit relatif au cours du Dhioliba, M. Jomard examine les diverses hypothèses proposées jusqu'à ce jour sur l'issue de ce fleuve, et il s'arrête à celle de toutes qui lui paraît présenter le plus de vraisemblance. Il pense que ce fleuve a son issue dans une mer intérieure, le lac Tchad. Ces réflexions sont suivies d'un extrait du voyage de Clapperton à Sakkatoo, du récit de la mort de cet intrépide voyageur, et des observations faites, au retour, par Lander, qui l'accompagnait. L'auteur recherche quelle est l'époque de

la mort de Mungo Park; il montre, par le rapprochement des diverses données, que l'évènement de sa mort doit dater des premiers jours de janvier 1806. Cet écrit est terminé par le récit du dernier voyage du major Laing, de son arrivée à Tombouctou en 1826, et du crime commis sur sa personne par le guide même que le gouverneur de cette ville lui avait donné pour le soustraire à la fureur des Touariks.

Deux autres écrits du même auteur concernent la statistique de la France. Dans le premier, intitulé : *Du nombre des délits criminels comparés à l'état de l'instruction primaire,* il rassemble un grand nombre de faits qui constatent l'influence de l'instruction sur la moralité du peuple. L'auteur compare les résultats de la statistique judiciaire en France, classés selon les circonscriptions des cours royales, à la population des écoles primaires divisées par académie; et il arrive à cette conclusion, qu'en général, le nombre total des délits, graves ou légers, n'est pas moindre, à égale population, dans les pays où il y a un plus grand nombre d'enfants fréquentant les écoles publiques, mais qu'il n'en est pas de même des crimes, des actes de violence, des attentats et de tous les délits très-graves. Ce nombre est beaucoup moins considérable que dans les pays dépourvus d'instruction. En Amérique, en Écosse et ailleurs, la conséquence est encore plus manifeste en faveur de l'instruction du peuple.

Le second de ces écrits de M. Jomard est un exposé de l'état et des besoins de l'instruction primaire en France, et des moyens de la procurer à tous les enfants, à raison de l'importance de la capitale. Il traite séparément cette question pour la ville de Paris, et il donne des tableaux sommaires des écoles qui existent dans cette ville et dans le département

de la Seine, en comparant ces résultats à la population du département. On connaît le nombre d'enfants qui suivent les écoles, celui des enfants qui devraient les fréquenter, et celui des établissements dont la création serait nécessaire pour procurer à tous le bienfait de l'instruction.

Dans la seconde partie de cet écrit, l'auteur examine la distribution de la population de la France, l'agglomération plus ou moins grande des habitants, le nombre des villes, chefs-lieux de préfecture ou sous-préfectures, et de bourgs, villages et hameaux, comparé avec le nombre des écoles et celui des institutions. Enfin il recherche les moyens de remédier au trop petit nombre des instituteurs et des institutrices, et de fonder des écoles de la manière la moins onéreuse au gouvernement et aux communes.

L'auteur de ces divers ouvrages vient d'être chargé de former à la Bibliothèque du Roi un dépôt des documents qui intéressent la géographie, les voyages et la statistique. La plan de cette institution a été exposé dans plusieurs recueils scientifiques. Les sciences retireront un avantage précieux de cet établissement, et le gouvernement qui l'a fondé acquiert des droits durables à la reconnaissance publique.

M. le capitaine Duperrey a publié et présenté à l'Académie plusieurs Mémoires très-importants sur les observations du pendule, sur les observations magnétiques et sur les observations géographiques faites dans la campagne de la corvette la *Coquille*. Ces travaux, dont l'Académie a reconnu le mérite éminent, ont droit à la reconnaissance de tous les amis des sciences. La collection des ouvrages que

cette expédition a produits jusqu'à ce jour se forme de onze livraisons de la zoologie, par MM. Lesson, Garnot et Guérin; quatre livraisons de la botanique, par MM. Bory de Saint-Vincent et A. Brongniart; une livraison de la partie historique.

L'Atlas géographique et l'Introduction qui le précède seront très-incessamment publiés.

La deuxième et la troisième livraison de la partie historique sont sous presse.

L'entreprise littéraire que l'on doit à M. le baron de Férussac, et qui a pour objet la publication du Bulletin Universel des Connaissances scientifiques et industrielles, subsiste depuis cinq années, et elle a beaucoup contribué à faire connaître en France et dans toute l'Europe les recherches qui ont pour but de perfectionner les sciences; cet établissement a été encouragé par la protection du Roi.

Un grand nombre de personnes qui désirent favoriser les progrès des connaissances utiles, ont voulu coopérer à une association qui offre des avantages précieux à la société civile et aux arts. Les différentes parties de ce Recueil sont indiquées par les titres suivants:

1° Sciences mathématiques, astronomiques, physiques et chimiques.

2° Géologie et sciences naturelles.

3° Sciences médicales, anatomie et physiologie.

4° Sciences agricoles et économiques.

5° Sciences technologiques et constructions.

6° Sciences géographiques, économie publique.
7° Sciences historiques, antiquités, philologie.
8° Sciences militaires.

L'École royale des ponts et chaussées reçoit chaque année de l'École polytechnique un certain nombre d'élèves distingués, qui emploient les premières années de leur admission dans ce corps aux études spéciales nécessaires à l'honorable et importante profession qu'ils viennent de choisir : les progrès de ces élèves sont constatés par des examens annuels. Conformément aux réglements qui fondent cet établissement, l'Académie royale des sciences désigne, par voie de scrutin, une commission de trois de ses membres qui, réunis à MM. les inspecteurs généraux et le directeur de l'École des ponts et chaussées, coopèrent aux jugements des concours pour les trois divisions des élèves. Il importe aux progrès des sciences et des arts, autant qu'au bien de l'Etat, que les résultats de ces concours soient généralement connus : on pourra ainsi se former une juste idée de la nature et de l'étendue des études dans le cours de chaque année, et des avantages frappants que procure cette institution.

Il a toujours existé d'utiles relations entre l'Académie des sciences et le Corps royal des ponts et chaussées. M. Perronet, le premier directeur de l'École des ponts et chaussées, siégeait à l'Académie ; M. de Prony, directeur actuel, est l'un de ses membres les plus anciens et les plus célèbres ; M. Navier, l'un des professeurs, en fait partie depuis plusieurs années : parmi ses membres, MM. Girard, Gay-Lussac, Poinsot, Fresnel, Cauchy, ont appartenu ou appartiennent encore au Corps des ponts et chaussées.

Chaque année, plusieurs de MM. les ingénieurs présentent à l'Académie des recherches remarquables qui étendent le domaine et les grandes applications des sciences. Nous avons cité leurs travaux dans les analyses précédentes. On se borne à rappeler ici ceux de M. Brisson, qu'une mort imprévue vient d'enlever à l'État et aux sciences.

Il résulte d'un examen très-attentif, et de la comparaison que l'on a faite successivement des pièces de concours, qu'il y a depuis cinq années une amélioration considérable dans les travaux des élèves des trois classes. Le jury en a été frappé, et ce progrès est plus sensible encore dans cette dernière année : ce motif nous a fait regarder comme un devoir envers le gouvernement de l'État et envers l'Académie, de manifester les témoignages dus à ce précieux établissement.

Nous avons désiré connaître, avec quelques détails, les causes des progrès que l'on avait remarqués : nous allons les indiquer.

On a rendu plus régulier et plus complet l'établissement des cours de construction et de mécanique, dont on est redevable à MM. Brisson et Navier : la surveillance du travail journalier a été plus assidue : les dispositions relatives au classement annuel ont été perfectionnées; elles offrent aux élèves qui se font remarquer par des progrès soutenus un avantage résultant de l'ordre du mérite, savoir la faculté de choisir les travaux de constructions publiques, sur lesquels ils sont répartis, afin de compléter leur instruction.

On a établi un nouveau cours de géologie et de minéralogie. Voici l'énumération des exercices auxquels les élèves sont appliqués pendant trois ans à l'Ecole, depuis le 20 novembre jusqu'au 1er mai, pour chacune des trois années; les cours suivants :

1° De construction des routes et ponts de toute espèce, des canaux, d'ouvrages de navigation, des ports maritimes et de tous les travaux propres au corps des ponts et chaussées;

2° De mécanique appliquée aux constructions hydrauliques et aux machines;

3° D'architecture;

4° De géologie et de minéralogie;

5° De langues allemande, italienne et anglaise; le concours pour la composition de divers projets dont les programmes sont donnés par la direction de l'Ecole; des examens sur toutes les parties de l'enseignement, des manipulations chimiques relatives à la minéralogie; un compte rendu, dans un rapport spécial, des travaux auxquels ils ont été attachés pendant la campagne.

Le tableau suivant fait connaître la matière des concours et des examens.

	CONSTRUCTIONS relatives AUX COMMUNICATIONS DE TOUTE ESPÈCE. — CONCOURS.		MÉCANIQUE. — CONCOURS.		ARCHITECTURE. — CONCOURS.		DESSIN pittoresque — CONCOURS.	COMPOSITION LITTÉRAIRE. — CONCOURS.
	PROJET.	EXAMEN.	PROJET.	EXAMEN.	PROJET.	EXAMEN.		
1re ANNÉE. 3e CLASSE.	1 de route. 1 de pont en bois. 1 de pont en pierre.	1 examen.	1 de machine.	1 examen.	1 d'édifice.	1 examen.	Plusieurs dessins à volonté.	1 sujet donné.
2e ANNÉE. 2e CLASSE.	1 de grand pont. 1 relatif aux canaux, à la navigation ou aux ports maritimes.	1 *id.*	1 *id.*	1 *id.*	1 *id.*	1 *id.*	*id.*	*id.*
3e ANNÉE. 1re CLASSE.	1 relatif aux canaux et à la navigation. 1 aux ports maritimes.	1 *id.*	1 *id.*	1 *id.*	1 *id.*	1 *id.*	*id.*	*id.*
TOTAUX..	7 concours.	3 examens.	3 concours.	3 examens.	3 concours.	3 examens.	3 concours.	3 concours.

19 concours et 9 examens

Le jury d'examen a remarqué, cette année, un progrès très-sensible : il n'y a aucun des élèves qui n'ait fait de louables efforts et obtenu des succès réels. On a reconnu, dans le mérite respectif des concurrents, une sorte d'égalité plus satisfaisante, ou plutôt des différences moins marquées qu'elles ne l'étaient auparavant. Plusieurs des projets d'architecture, de construction et de mécanique, ne seraient pas désavoués par des personnes qui ont acquis une expérience consommée. Les ouvrages de dessin exécutés par les élèves sont exposés dans la salle du concours; ils sont d'un effet très-agréable, et ils auraient encore plus d'intérêt si l'on se fût conformé davantage aux recommandations du professeur, en donnant plus de soin et d'étendue au dessin de la figure.

On a pu remarquer, dans les compositions et dans les mémoires, des recherches théoriques nouvelles et intéressantes, qui annoncent des ingénieurs capables à-la-fois d'exercer utilement leur profession et d'en agrandir la sphère.

Les compositions littéraires annoncent un esprit juste exercé à des pensées graves et utiles, souvent exprimées avec talent, et toujours avec ordre et clarté.

L'habitude et le zèle du travail ont donné aux élèves les moyens de suffire aux travaux considérables qui sont exigés d'eux, et de consacrer le temps nécessaire à suivre des cours indépendants de ceux de l'école, tels que des leçons de chimie appliquée aux arts industriels, etc.

Les examens dont on vient de rendre compte attestent donc des progrès continuels et très-sensibles; ils confirment l'opinion que le public éclairé s'est formée depuis long-temps d'un corps éminemment utile, connu et estimé de toute

l'Europe savante, et qui contribuera puissamment en France à la prospérité publique, si l'on continue de le préserver contre l'esprit d'innovation, et si les avancements et récompenses ne cessent point d'être le prix du véritable mérite.

M. le comte DE CASSINI, quatrième académicien du nom, a publié, dans le cours de cette année, des Réflexions qu'il présente aux éditeurs des futures éditions de l'Histoire de l'astronomie, au dix-huitième siècle.

Ce savant astronome regrette que M. Delambre n'ait pu achever la dernière partie de l'important et immense travail qu'il s'était proposé. Les manuscrits qu'il a laissés ont été confiés à une plume savante et amie, qui, par un juste sentiment de respect pour la mémoire de l'illustre auteur, a conservé les expressions du texte. M. de Cassini croit devoir remarquer que, dans plusieurs passages, M. Delambre s'écarte de l'impartialité, qui est le premier devoir de tout historien. Il cite des expressions qui donnent lieu de croire que M. Delambre avait des préventions singulières contre les travaux du grand astronome Dominique Cassini. Il pense que les découvertes et les ouvrages dont les sciences lui sont redevables n'ont pas été convenablement appréciés; il ajoute que de telles expressions ne conviennent point au style grave de l'histoire des sciences. M. le comte de Cassini réclame avec beaucoup de modération et de politesse contre des assertions qui ne lui paraissent pas fondées. M. Delambre a toujours été animé d'un désir sincère d'être vrai et impartial. Mais on a remarqué dans ses derniers ouvrages quelques préventions contre des savants illustres, dont la mémoire

mérite les respects d'un historien aussi profondément instruit. Nous ne pensons pas que l'expression de *préjugés de famille*, dont il s'est servi, soit convenable, et qu'elle soit ici justement appliquée. Au reste, ces imperfections dans un travail aussi précieux et aussi étendu n'empêchent point que les ouvrages historiques de M. Delambre n'aient éclairé toutes les parties de l'histoire de l'astronomie. Il appréciait lui-même, autant que personne, la gloire véritable attachée à ces générations d'hommes illustres que les grandes Académies de l'Europe ont adoptées. Puissent les sciences voir augmenter, dans chaque siècle, ces glorieuses successions de grands noms comparables à ceux des Bernoullis, des Jussieu, des Cassini!

RAPPORT

SUR

Un Mémoire sur les moyens de voyager dans l'air et de s'y diriger, contenant une nouvelle théorie des mouvements progressifs, *par M. Chabrier, lu à l'Académie des sciences le* 5 *octobre* 1829. (*Commissaires, MM. Gay-Lussac, Flourens et Navier, rapporteur*).

Ce Mémoire est divisé en deux parties. Dans la première l'auteur présente des considérations sur les mouvements progressifs de l'homme et des animaux, et particulièrement sur le vol des oiseaux. La seconde est consacrée à l'exposition des moyens qu'il propose pour se soutenir et se transporter à volonté dans l'air.

En examinant dans la première partie la nature des mouvements de progression, tels que la marche, le saut, la natation, le vol, M. Chabrier croit reconnaître quelque inexactitude dans la manière dont les principaux auteurs d'histoire naturelle et d'anatomie ont décrit et expliqué les mouvements dont il s'agit. Ces assertions avaient déja été présentées dans un autre Mémoire du même auteur imprimé en 1828 (1).

(1) M. Duméril, conjointement avec MM. Girard et F. Cuvier, a fait un rapport dans la séance du 3 décembre 1827 sur le premier Mémoire de M. Chabrier. Les commissaires ont été d'avis que « ce travail renferme « beaucoup d'idées justes sur la mécanique des principaux mouvements

Elles consistent principalement 1° en ce qu'il n'est pas exact de dire que les muscles agissent toujours sur leur tendon: 2° en ce que l'on ne peut point attribuer l'élévation du corps de l'homme dans le saut, ou du corps de l'oiseau dans un vol ascensionnel, à une sorte de réaction élastique du sol ou de l'air sur lesquels l'homme ou l'animal prennent un appui. L'auteur remarque que le point d'appui des actions musculaires change suivant les circonstances et suivant la nature des mouvements qui doivent être produits, et que ces actions doivent être considérées comme s'exerçant tantôt sur l'une et tantôt sur l'autre extrémité d'un même muscle.

Afin d'apprécier ces observations de M. Chabrier, nous remarquerons d'abord que l'action musculaire consiste principalement dans une contraction et dans un relâchement alternatifs des muscles, qui s'accourcissent ou reviennent à leur longueur habituelle à la volonté de l'animal, de manière à faire varier la distance de leurs points extrêmes, où ils s'attachent aux os. L'animal, sous le point de vue mécanique, peut être considéré comme un système formé 1° de parties solides dont la longueur est sensiblement invariable et qui sont réunies par des articulations, 2° de parties flexibles et élastiques dont les changements de longueur déterminent les mouvements de la charpente osseuse. Nous remarquerons ensuite qu'un tel système, en supposant qu'il ne fût soumis à aucune action extérieure, serait dans l'im-

---

« qu'exécutent les animaux, et que l'auteur a fait preuve de connaissances « exactes sur beaucoup de points d'anatomie comparée;.... mais que sa « théorie, pour être démontrée et adoptée, devrait être appuyée sur des « observations positives.... »

possibilité, par l'effet seul des actions intérieures que produit la volonté, de causer aucun déplacement de son centre de gravité, ou même d'imprimer à ses parties aucun mouvement de rotation autour de son centre de gravité. Si l'on supposait qu'un animal cessant d'être attiré vers la terre fût placé dans un espace vide, tous les mouvements qu'il imprimerait à ses membres ne pouvant donc faire acquérir aucune vitesse à son centre de gravité, cet animal se trouverait dans une impossibilité totale de changer de lieu dans l'espace. Mais il n'en est plus de même lorsque l'animal, soumis à l'action de la pesanteur, est porté sur le sol, ou dans un milieu résistant, tel que l'eau ou l'air atmosphérique. Outre les forces intérieures provenant du jeu des muscles, le système est soumis à des actions extérieures qui sont d'une part la gravité, et de l'autre les résistances que le sol ou le fluide opposent aux mouvements imprimés aux membres par la volonté. La combinaison de ces actions extérieures produit les mouvements effectifs par lesquels l'animal se déplace et occupe successivement divers lieux. Il paraît donc qu'il n'est pas impropre d'employer l'expression de *réaction* du sol ou de l'air atmosphérique, pour exprimer l'influence qu'ils ont sur les mouvements dont il s'agit.

Dans le vol en particulier, l'air est frappé alternativement par les ailes de haut en bas et de bas en haut, en sorte que l'oiseau reçoit alternativement des impulsions dirigées en sens opposés. Mais ces impulsions, dont chacune ne s'exerce que pendant un temps très-court, ne communiquent pas des quantités égales de force vive, soit parce que l'aile déployée exerce sur l'air, à vitesse égale, un plus grand effort de haut en bas que dans le sens opposé, soit parce que l'aile

se meut alors avec une plus grande vitesse relative. L'excès de la force vive imprimée pendant ce premier mouvement sur celle qui est imprimée en sens contraire pendant que l'aile se relève, compense l'action de la gravité aussi bien que l'effet de la résistance que l'air oppose au déplacement du tronc, ce qui permet à l'oiseau de se soutenir et de s'élever dans l'air. Ce fluide *réagit* alternativement contre les deux faces des ailes, et la différence des effets de ces réactions imprime au corps un mouvement progressif. Le battement des ailes étant d'ailleurs très-rapide, et la plus grande partie de la masse de l'oiseau étant réunie dans le tronc et la tête, ce mouvement est sensiblement continu, et les limites entre lesquelles la vitesse du tronc, à parler rigoureusement, varie à chaque battement, sont toujours extrêmement voisines l'une de l'autre.

Quant aux assertions de l'auteur, d'après lesquelles on doit considérer le muscle comme agissant tantôt sur son tendon, tantôt sur l'extrémité aponévrotique, ou comme prenant son point d'appui tantôt à une extrémité, tantôt à l'autre, on doit remarquer que l'action musculaire consistant dans une contraction, c'est-à-dire dans un accourcissement de la longueur du muscle, on ne doit pas, à proprement parler, considérer un muscle comme agissant sur une extrémité plutôt que sur l'autre : il tend également à rapprocher ses deux extrémités l'une de l'autre. En général les deux extrémités, quoique également sollicitées, ne prennent pas des mouvements égaux, et souvent l'une d'elles n'en prend aucun. Les mouvements qui ont lieu sont déterminés ou par l'action des forces extérieures, ou par les rapports des masses que la contraction musculaire tend à déplacer. Ainsi, dans le saut, les

muscles extenseurs des jambes et des cuisses produisent après la flexion l'élévation du tronc, parce que le poids du corps appuie les pieds sur le sol qui résiste ; tandis que si le tronc était soutenu, et si les pieds étaient libres, les mêmes muscles produiraient l'abaissement des membres inférieurs. Dans le vol les muscles fléchisseurs de l'aile, abstraction faite de toute résistance de la part de l'air, produisent l'abaissement de l'aile, et non l'élévation du tronc, parce que ce dernier ayant une masse beaucoup plus grande que celle de l'aile, la difficulté d'imprimer subitement du mouvement à cette masse produit une véritable résistance qui détermine la nature du mouvement imprimé par la contraction du muscle, mouvement qui est ici l'abaissement de l'aile. On ne s'exprimerait pas d'ailleurs d'une manière conforme aux idées généralement admises par les mécaniciens en disant que le muscle prend son point d'appui à une extrémité ou à l'autre. Si l'on veut considérer un os comme un levier, par exemple l'os de la cuisse à l'instant où, après la flexion du genou, l'homme veut relever son corps, on concevra que cet os, soumis d'une part à l'action du poids du corps qu'il supporte sur son extrémité supérieure, de l'autre à l'action des muscles extenseurs dont la contraction tend à le faire tourner en sens contraire, a son point d'appui dans l'articulation du genou. C'est dans ce sens que l'expression de point d'appui peut être ici introduite, puisque les mécaniciens entendent par *point d'appui* celui sur lequel tourne le levier, et dont la résistance détruit l'action résultante des deux forces par lesquelles ce levier est sollicité.

M. Chabrier paraît admettre qu'il existe dans l'action musculaire qui produit le saut une force propre, en vertu de laquelle le tronc de l'animal peut être lancé dans une direc-

tion opposée à celle de la pesanteur. Mais cette idée serait contraire aux principes de la mécanique, qui sont fondés sur l'observation. Le saut des animaux terrestres ne peut avoir lieu sans que leurs pieds ne s'appuient sur le sol; et celui des oiseaux sans que leurs ailes ne prennent également un appui dans l'air, appui qui ne peut résulter que d'un mouvement très-rapide imprimé de haut en bas à ces ailes. C'est en concevant ainsi le vol des oiseaux d'une manière qui ne nous paraît pas conforme à la vérité, que l'auteur a composé l'appareil qui est décrit dans la seconde partie de son Mémoire, et par le moyen duquel il espère que l'homme pourrait se soutenir et se déplacer à volonté dans l'air. Cet appareil consiste dans de grandes ailes convexes en dessus, et concaves en dessous, formées par des capacités remplies de gaz hydrogène, et d'un volume suffisant pour que la plus grande partie du poids de l'homme, mais non la totalité de ce poids, se trouve supportée. L'homme est placé entre deux ailes semblables, qui sont fixées au corps, et peuvent tourner sur une sorte d'articulation lorsque les jambes et les bras sont fléchis. L'auteur suppose que cet homme pourrait déplacer son propre corps, aussi bien que ses ailes, et résister à la partie de l'action de la pesanteur qui n'est pas détruite, au moyen de mouvements analogues à ceux du saut. Il lui paraît nécessaire que l'excès de légèreté des ailes à gaz ne soit pas assez grand pour détruire la totalité du poids de l'homme et de l'appareil, afin que cet appareil soit plus capable de résister aux mouvements de l'air et de prendre une direction déterminée. On voit que ce procédé tend à réunir, pour opérer le vol, les moyens naturels dont l'organisation des oiseaux nous offre l'exemple, et ceux dont les arts se sont enrichis par l'invention des aérostats.

L'idée de se soutenir et de voyager dans les airs a séduit dans tous les temps l'imagination des hommes, et a donné lieu à beaucoup de vaines tentatives. On connaît aujourd'hui les moyens de s'élever dans l'air et de s'y soutenir à une hauteur déterminée; mais on ne peut s'y mouvoir à volonté, ou se maintenir dans une position donnée en résistant à la force des vents. Nous ne serions pas fondés toutefois à affirmer qu'il n'existera pas un jour un art de la navigation aérienne, qui n'aura été créé et perfectionné qu'au moyen d'essais multipliés et d'une longue expérience : mais ce qui nous intéresse surtout est de savoir si, en employant les moyens que les derniers progrès de la mécanique mettent à notre disposition, il serait possible aujourd'hui d'obtenir quelque succès dans cette nouvelle carrière.

Le premier objet que l'on s'est attaché à examiner est la manière dont s'opère le vol des oiseaux, et la force qu'ils emploient pour faire mouvoir leurs ailes; ce sujet avait attiré l'attention de Coulomb, qui l'avait traité dans un Mémoire présenté à l'Académie des sciences en 1780, mémoire qui n'a point été publié, et que l'on ne connaît aujourd'hui que par la mention que Lalande en a faite dans le *Journal des savants* et dans le *Dictionnaire de mathématiques* de l'*Encyclopédie méthodique* (article *vol*), aussi bien que par le rapport signé de Condorcet, Monge et Bossut, qui est conservé au secrétariat de l'Institut. Les nouvelles recherches que nous avons faites sont exposées dans une note jointe au présent rapport : nous indiquerons les principaux résultats auxquels nous sommes parvenus.

Le vol des oiseaux consiste dans l'abaissement et l'élévation alternative des ailes, qui tournent sur l'articulation de

l'humerus. Si l'aile était abaissée et élevée avec la même vitesse, le corps ne tendrait nullement à se déplacer dans l'espace. Mais l'abaissement s'opérant avec une vitesse beaucoup plus grande que l'élévation, la réaction de l'air est beaucoup plus grande dans la direction où l'oiseau veut avancer que dans la direction opposée. Dans une oscillation complète des ailes, l'oiseau reçoit successivement en sens contraire deux quantités d'action dont la différence doit compenser exactement la quantité d'action qui résulte de la résistance que l'air oppose au mouvement du corps, si la vitesse de ce corps reprend à la fin de l'oscillation la même valeur qu'elle avait au commencement, c'est-à-dire si le mouvement de l'oiseau est uniforme. En soumettant ces effets au calcul, on a principalement considéré l'oiseau dans les deux cas suivants : 1° lorsqu'il veut s'élever verticalement, ou planer dans l'air, sans avancer ni reculer, en résistant seulement à l'action de la pesanteur ; 2° lorsqu'il veut se mouvoir horizontalement avec une grande vitesse dans un air calme, ou lutter contre un vent violent.

En adoptant des hypothèses qui sont expliquées en détail dans la note citée, conçues de manière à s'éloigner le moins qu'il est possible des effets naturels, en faisant estimer toutefois la force qui est nécessaire à l'oiseau plutôt au-dessous qu'au-dessus de sa véritable valeur, et en appliquant le calcul aux poids et dimensions d'une hirondelle qui sont rapportées dans le Mémoire de M. Chabrier, nous avons trouvé que le vol était assujetti dans les deux cas précédents aux conditions suivantes.

1° Lorsque l'oiseau plane simplement dans l'air, la vitesse d'abaissement du centre de l'aile peut être estimée à environ 7^{m} par seconde; le temps de l'élévation de l'aile est à peu-près

double de celui de l'abaissement, et le nombre des vibrations ou battements des ailes dans une seconde est d'environ 23. La quantité d'action que dépense l'oiseau en une seconde est à peu près égale à celle qui serait nécessaire pour élever son propre poids à 8^m de hauteur (*). Cette quantité d'action est proportionnelle à la puissance $\frac{3}{2}$ du poids de l'oiseau, en supposant l'étendue des ailes proportionnelle à ce poids. Elle est réciproque à la racine carrée de la densité de l'air; en sorte que l'oiseau a plus de difficulté à se soutenir dans un air plus rare. Mais il y a lieu de penser néanmoins que la hauteur à laquelle les oiseaux peuvent s'élever est plutôt bornée par la difficulté de respirer, ou par d'autres circonstances, que par l'augmentation d'effort résultant de la rareté du fluide.

2° Lorsque l'oiseau veut se mouvoir horizontalement avec une grande vitesse, par exemple la vitesse de 15^m par seconde que prennent souvent les oiseaux voyageurs pour exécuter leurs migrations annuelles, l'action de la pesanteur devient alors très-petite par rapport à la résistance que l'air oppose au mouvement du corps, et cette action peut être négligée : par conséquent le mouvement horizontal de l'oiseau exige que la direction du battement des ailes soit aussi sensiblement horizontale. La vitesse d'abaissement de l'aile doit être alors trois fois et demie plus grande que la vitesse du déplacement de l'oiseau dans un air tranquille, en sorte que si cette dernière vitesse est 15^m par seconde, le milieu de l'aile

(*) Lorsqu'on fait dans les formules des suppositions extrêmes, fort éloignés sans doute de la vérité, mais propres à donner des limites au-dessous desquelles il ne paraît pas que la vitesse imprimée aux ailes, et la quantité d'action dépensées dans l'unité de temps, puissent se trouver, les nombres que l'on obtient sont environ moitié moindres que ceux qui sont indiqués ici dans le texte.

devra s'abaisser avec une vitesse de $52^m,5$ environ. Mais ici les rapports entre les temps de l'abaissement et de l'élévation de l'aile diffèrent beaucoup de ce qu'ils sont dans le cas précédent, le temps de l'élévation étant quatorze fois plus grand que le temps de l'abaissement. Le nombre des battements d'aile d'une hirondelle, dans les circonstances dont il s'agit, doit être d'environ 35 dans une seconde. La quantité d'action que l'oiseau dépense dans une seconde est égale à peu près à celle qui serait nécessaire pour élever son poids à 390^m de hauteur.

On reconnaît par ces résultats que l'oiseau règle la rapidité des mouvements qu'il imprime à son corps en augmentant ou diminuant le nombre des battements d'aile dans un temps donné, et surtout en établissant différents rapports entre la vitesse de l'abaissement et la vitesse de l'exhaussement de l'aile. Plus le mouvement doit être rapide, plus le coup d'aile est prompt. Il importe de remarquer d'ailleurs que dans le cas dont il s'agit, c'est-à-dire lorsque l'oiseau veut se transporter avec vitesse, la valeur de la quantité d'action qu'il est obligé d'employer suit des lois différentes de celles qui ont lieu lorsqu'il veut simplement planer dans l'air en résistant à l'action de la pesanteur. Cette quantité d'action est d'autant moindre que la densité de l'air est plus petite, en sorte que l'on peut juger en voyant les oiseaux qui changent de climat s'élever à de grandes hauteurs pour exécuter leurs longs voyages, qu'ils cherchent ainsi les couches de l'atmosphère où ils doivent ressentir le moins de fatigue qu'il est possible.

On ne doit pas assurément attribuer aux résultats précédents une grande précision. Cependant ce qu'il y a d'arbitraire ou d'incertain dans les éléments du calcul n'a point autant d'influence sur ces résultats que l'on pourrait être

porté à le croire. Le principe qui nous a principalement guidés consiste à déterminer les éléments arbitraires par la condition que le vol comporte dans chaque cas la moindre quantité d'action qu'il est possible. On n'est point assuré que ce principe règle exactement les mouvements de l'oiseau, parce que la fatigue d'un animal n'est pas toujours dans une proportion constante avec la quantité d'action qu'il produit. Mais en s'attachant au principe dont il s'agit, on est assuré de connaître la valeur de la *moindre quantité d'action* qu'il est nécessaire que l'oiseau dépense; et, quant à l'objet que nous nous proposions, c'est effectivement cette connaissance qu'il était utile d'acquérir.

Nous remarquerons la grande différence qui existe entre la force nécessaire pour que l'oiseau se soutienne simplement dans l'air, et celle qu'exige un mouvement rapide. Lorsque la vitesse de ce mouvement est de 15^{m} par seconde, on trouve que cette dernière force est environ cinquante fois plus grande que la première. Ainsi l'effort qu'exerce l'oiseau pour se soutenir dans l'air est fort petit comparativement à l'effort qu'il exerce dans le vol. Il en coute peut-être moins de fatigue à l'oiseau pour se soutenir simplement dans l'air, eu égard à la fatigue qu'il est capable de supporter, qu'il n'en coûte à l'homme et aux quadrupèdes pour se soutenir debout sur leurs jambes.

Il est aisé maintenant de comparer la quantité d'action que l'homme est capable de produire avec celle qu'exige le vol. Nous avons dit que l'oiseau qui plane dans l'air dépense dans chaque seconde la quantité d'action nécessaire pour élever son poids à 8^{m} de hauteur. Un homme employé dans les travaux des arts, pendant huit heures par jour, à tourner une manivelle, est regardé comme élevant moyennement dans une seconde un poids de $6^{kil.}$ à 1^{m} de hauteur. En sup-

posant que cet homme pèse $70^{kil.}$, cette quantité d'action est capable d'élever son propre poids à $0^{m},086$ de hauteur. Ainsi, toutes proportions gardées, elle n'est pas la $\frac{1}{95}^{e}$ partie de celle que l'oiseau dépense pour se soutenir dans l'air. Si l'homme était le maître de dépenser dans un temps aussi court qu'il le voudrait la quantité d'action qu'il dépense ordinairement en huit heures, on trouve qu'il pourrait chaque jour se soutenir dans l'air pendant cinq minutes : mais comme il est fort éloigné d'avoir cette faculté, il est évident qu'il ne pourrait se soutenir que pendant un temps beaucoup moindre, et qui ne serait sans doute qu'une fraction très-petite d'une minute. Ces rapprochements montrent à quel point les tentatives faites dans la vue de rendre l'homme capable de voler étaient chimériques. L'idée du vol ne pouvait être réalisée que dans des êtres poétiques auquels on attribuait un caractère divin, et par conséquent des forces sans limites et une vigueur inépuisable.

L'homme, et la même chose peut se dire de la plupart des quadrupèdes, étant dans l'impossibilité de se soutenir dans l'air, et à plus forte raison de s'y déplacer à volonté, en employant des moyens analogues à ceux que la nature a donnés aux oiseaux, ou tout autre appareil mécanique à l'aide duquel on chercherait à exercer sur l'air la pression nécessaire pour détruire l'action de la gravité sur la masse de l'animal ; il reste à examiner ce qu'il est possible de faire lorsque, par l'usage de capacités remplies d'un gaz plus léger que l'air atmosphérique, le poids de l'homme est supporté, et qu'il ne s'agit plus que de s'efforcer de mouvoir et de diriger à volonté l'appareil.

Si l'on voulait employer un appareil semblable à celui qui est proposé par M. Chabrier, il nous paraîtrait indispensable

de donner à ses ailes remplies de gaz la capacité suffisante pour que le poids de l'homme et des ailes mêmes fût entièrement détruit. Mais l'usage d'un appareil de ce genre ne semble pas praticable, parce que l'on ne pourrait imprimer aux ailes la vitesse nécessaire pour se procurer un mouvement continu par l'effet de battements alternatifs. Il paraît qu'un homme, que l'on supposerait porté par un aérostat, agirait sur l'air d'une manière beaucoup plus avantageuse en faisant tourner rapidement des roues armées d'ailes obliques, disposées à peu près comme les ailes des moulins à vent. C'est aussi le genre de moteur qu'avait indiqué Meunier, membre de l'Académie des sciences, dans un *Mémoire sur les aérostats* dont il est fait mention dans le numéro de septembre 1826 de la *Revue encyclopédique.*

L'usage de ce moteur a été soumis au calcul dans la note jointe au présent rapport, et la connaissance acquise des effets mécaniques produits par les moulins à vent a permis d'apprécier avec une assez grande approximation l'effort que les roues à ailes obliques pourraient exercer sur l'air, et par le moyen duquel on surmonterait la résistance que ce fluide opposerait au mouvement de l'aérostat. Il est évident qu'en supposant l'appareil placé dans un air parfaitement calme, on n'aurait besoin que d'une force très-petite pour lui procurer une vitesse très-petite; mais la force nécessaire, qui est proportionnelle, toutes choses égales d'ailleurs, au cube de la vitesse, augmentera très-rapidement avec le mouvement imprimé. La question consiste donc à rechercher quelle vitesse un appareil suspendu à un aérostat, et mu par un certain nombre d'hommes, pourrait acquérir. Le résultat du calcul, dans lequel l'aérostat a été supposé sphérique, est que la vi-

tesse limite dont il s'agit augmente proportionnellement à la puissance $\frac{1}{2}$ du rayon de l'aérostat; et si l'on attribue à ce rayon une valeur de 10^m, qui est double de celle qui a lieu pour les aérostats que l'on construit ordinairement, on trouve que la valeur de cette vitesse est environ $2^m \frac{1}{2}$ par seconde. Par conséquent l'aérostat ne pourrait être maintenu immobile contre un vent dont la vitesse dépasserait $2^m \frac{1}{3}$ par seconde, vitesse très-faible, puisque c'est à peu près celle qui permet aux moulins à vent de commencer à travailler.

Comme on a négligé dans le calcul plusieurs éléments qui auraient augmenté la valeur de la force nécessaire, il paraît que malgré l'avantage que l'on trouverait à donner aux aérostats une forme plus propre à fendre l'air que la forme sphérique, on peut conclure que, dans l'état le plus ordinaire de l'atmosphère, il serait impossible de se rendre maître de l'appareil et de l'empêcher d'être le jouet des vents. Il paraît que Meunier était parvenu au même résultat, car il ne prétendait faire usage de ses moyens de direction que pour se placer dans les couches de l'atmosphère où la direction du vent serait favorable. On ne trouverait d'ailleurs aucun avantage à remplacer la force de l'homme par celle de la vapeur aqueuse, ou d'un gaz qui aurait été d'avance très-fortement comprimé dans un réservoir. L'homme est encore aujourd'hui l'agent mécanique qui, à poids égal, est capable de produire le plus grand travail continu qu'il est possible. Nous pensons d'après cela que la création d'un art de la navigation aérienne dont les résultats pourraient être vraiment utiles, et présenter autre chose qu'un spectacle, est subordonnée à la découverte d'un nouveau moteur, dont l'action comporterait un appareil beaucoup moins pesant que ceux qu'exigent les moteurs que nous connaissons aujourd'hui.

On a également examiné dans la note qui est jointe à ce rapport les conditions du mouvement des poissons, qui consiste principalement dans la flexion alternative de l'extrémité de la queue à droite et à gauche de l'axe du corps. Il paraît que les poissons se meuvent moins rapidement dans l'eau que les oiseaux dans l'air, puisque la plus grande vitesse attribuée aux saumons par M. de Lacépède est 8^m par seconde. On conclut néanmoins des résultats du calcul que, à poids égal de l'animal, un poisson qui parcourt 8^m par seconde dépense une quantité d'action bien plus grande qu'un oiseau qui parcourt 15^m dans ce même temps. Ainsi les muscles des poissons doivent présenter une puissance relative beaucoup plus grande. La natation n'est pas interdite à l'homme comme l'est le vol, parce que l'eau supporte la presque totalité du poids de son corps : mais l'homme ne peut se déplacer dans l'eau qu'avec une vitesse beaucoup plus petite que celle des poissons; et la quantité d'action que la natation exige augmente proportionnellement à la troisième puissance de la vitesse.

Les résultats qui viennent d'être exposés ont paru propres à éclaircir des notions sur lesquelles l'imagination s'arrête souvent, et qui appartiennent à l'histoire naturelle des animaux.

A l'égard du travail qui a été communiqué à l'Académie par M. Chabrier, nous ne pensons pas que les vues présentées par l'auteur soient propres à faire atteindre le but qu'il s'était proposé.

Paris, 6 septembre 1830.

Signé : GAY-LUSSAC, FLOURENS, NAVIER.

NOTE

Sur l'évaluation approximative de la quantité d'action nécessaire pour le vol des oiseaux, et pour la direction des aérostats.

I.

Pour essayer d'évaluer approximativement la quantité d'action qui est employée dans le vol, on concevra cette opération de la manière suivante. L'aile sera regardée comme un corps mu alternativement dans l'air dans deux directions opposées, et auquel ce fluide oppose une résistance dont la valeur n'est pas la même dans chaque direction, mais qui est toujours proportionnelle 1° à la pesanteur spécifique du fluide, 2° au carré de la vitesse relative ou à la hauteur due à la vitesse relative, 3° à l'étendue de la surface de l'aile. D'un autre côté l'air, lorsque le corps est transporté dans l'espace, oppose à ce mouvement une résistance que nous évaluerons d'une manière analogue. Il est nécessaire que les mouvements imprimés aux ailes soient tels que les impulsions alternatives données à l'ensemble du système surmontent la résistance opposée au corps, aussi bien que l'action de la pesanteur.

On remarquera de plus que, si l'on pouvait concevoir l'oiseau contenu dans un milieu très-rare qui ne présentât

aucune résistance sensible à ses mouvements, et que dans cette situation il vînt à agiter ses ailes, ce mouvement ne pourrait avoir lieu sans lui causer une fatigue qui proviendrait ou de ce que certains frottements intérieurs sont surmontés, ou de la nécessité de détruire et d'imprimer à chaque battement les mouvements donnés à la masse des ailes. Nous n'aurons point égard ici à cette partie de la fatigue de l'oiseau, dont on obtiendrait difficilement une appréciation exacte. Nous considérerons simplement la quantité d'action qu'il serait nécessaire de produire pour surmonter la résistance que l'air oppose au mouvement des ailes; et effectivement lorsque l'on fait abstraction des frottements intérieurs, cette quantité serait la seule dont il fût necessaire de tenir compte si l'on voulait disposer un appareil mécanique destiné à imiter les mouvements du vol des oiseaux.

Cela posé, nous examinerons en premier lieu le cas où l'oiseau chercherait à s'élever verticalement dans l'air, par un battement des ailes également dirigé dans le sens vertical, et nous désignerons par

ω l'aire de la section transversale du corps;

Ω l'aire des deux ailes, pendant qu'elles sont abaissées;

Ω' l'aire des deux ailes, pendant qu'elles sont relevées;

u la vitesse avec laquelle le corps de l'oiseau est transporté dans l'espace;

U la vitesse avec laquelle l'oiseau abaisse ses ailes;

U′ la vitesse avec laquelle il les relève (ces deux vitesses sont supposées constantes pendant la durée de chaque mouvement : elles sont estimées par rapport aux points du corps, et rapportées au centre de figure des ailes);

t le temps, compté à partir du moment où les ailes commencent à s'abaisser;

τ, τ' les durées respectives de l'abaissement et de l'élévation des ailes;

P le poids total de l'oiseau;

Π le poids de l'unité de volume de l'air;

g la vitesse imprimée aux corps pesants par la gravité dans l'unité de temps;

k un coefficient constant par lequel il faut multiplier la section transversale du corps, la hauteur due à la vitesse relative, et le poids de l'unité de volume du fluide, pour avoir l'expression de la résistance que l'air oppose au mouvement du corps, en sorte que cette résistance est exprimée par $\Pi k \omega \frac{u^2}{2g}$;

K, K′ des coefficients analogues pour l'expression de la résistance que l'air oppose à l'abaissement et à l'élévation des ailes.

Pendant que l'aile s'abaisse, l'oiseau est sollicité de haut en bas par la force P résultant de son poids, et par la résistance $\Pi k \omega \frac{u^2}{2g}$ que l'air oppose au mouvement de son corps. Mais il est poussé de bas en haut par la résistance $\Pi K \Omega \frac{(U-u)^2}{2g}$ que l'air oppose au mouvement des ailes. Son mouvement est donc reglé par l'équation

$$\frac{P}{g}\frac{du}{dt} = \Pi K \Omega \frac{(U-u)^2}{2g} - \Pi k \omega \frac{u^2}{2g} - P,$$

ou

$$(1) \qquad 2P\frac{du}{dt} = \Pi K \Omega (U-u)^2 - \Pi k \omega u^2 - 2Pg.$$

Nous remarquerons maintenant que la durée du mouvement

de l'aile est très-courte, et que la plus grande partie de la masse de l'oiseau est contenue dans le corps, en sorte que la vitesse u, pendant la durée de ce mouvement, ne peut subir que des variations extrêmement petites. Comme il ne s'agit d'ailleurs ici que de calculs approximatifs, et que l'expression adoptée pour l'évaluation des résistances n'est pas exempte d'incertitude, il ne peut y avoir aucun inconvénient, quant aux conséquences que l'on pourra tirer de ces calculs, à supposer la vitesse u constante pendant la durée de l'abaissement de l'aile dans le second membre de l'équation (1). D'après cela, si l'on désigne par u_0 et u_1 les valeurs de u qui ont lieu respectivement au commencement et à la fin de l'abaissement de l'aile, cette équation donnera

$$(2) \qquad 2P(u_1 - u_0) = \tau[\Pi K \Omega (U - u_0)^2 - \Pi k \omega u_0^2 - 2Pg].$$

Pendant le temps où l'aile se relève, l'équation du mouvement est

$$(3) \qquad 2P\frac{du}{dt} = -\Pi K' \Omega' (U' + u)^2 - \Pi k \omega u^2 - 2Pg;$$

et en appelant u_1 et u_2 les vitesses qui ont lieu au commencement et à la fin de ce mouvement, on en déduira comme ci-dessus

$$(4) \qquad 2P(u_2 - u_1) = -\tau'[\Pi K' \Omega' (U' + u_1)^2 + \Pi k \omega u_1^2 + 2Pg].$$

Si l'on ajoute les équations (2) et (4), il viendra

$$(5) \qquad \begin{aligned} 2P(u_2 - u_0) = {} & \tau[\Pi K \Omega (U - u_0)^2 - \Pi k \omega u_0^2 - 2Pg] \\ & - \tau'[\Pi' K' \Omega' (U' + u_1)^2 + \Pi k \omega u_1^2 + 2Pg]. \end{aligned}$$

Comme il est nécessaire d'ailleurs que les ailes, à la fin de

chaque battement, se retrouvent par rapport au corps dans la même position où elles étaient au commencement, on doit écrire la relation

$$U\tau = U'\tau'. \tag{6}$$

L'équation (5) fera juger de l'accroissement ou de la diminution de vitesse qui sera le résultat d'un battement des ailes, et par conséquent du mouvement imprimé à l'oiseau. Les deux équations (5) et (6) expriment toutes les conditions auxquelles doivent satisfaire les quantités U, U', τ, τ' pour que l'oiseau prenne un mouvement donné, mouvement dont la nature est exprimée par la variation $u_2 - u_0$ que subit la vitesse u dans l'intervalle de temps $\tau + \tau'$.

Si le mouvement de l'oiseau était uniforme, ou, à parler plus exactement, si à la fin de chaque battement sa vitesse se retrouvait la même qu'au commencement, il faudrait supposer dans les formules précédentes $u_2 = u_0$. Comme on ne commettrait d'ailleurs aucune erreur sensible en supposant aussi dans le second membre de l'équation (5) $u_1 = u_0$, cette équation deviendrait alors

$$\begin{aligned} 0 = {} & \tau[\Pi K \Omega (U - u_0)^2 - \Pi k \omega u_0^2 - 2Pg] \\ & - \tau'[\Pi' K' \Omega' (U' + u_0)^2 + \Pi k \omega u_0^2 + 2Pg]; \end{aligned} \tag{7}$$

et si l'on y substitue la valeur de U' tirée de l'équation (6), on aura

$$\begin{aligned} 0 = {} & \tau\tau' \Pi K \Omega (U - u_0)^2 - \Pi K' \Omega' (U\tau + u_0\tau')^2 \\ & - (\tau + \tau')\tau' . \Pi k \omega u_0^2 - (\tau + \tau')\tau' . 2Pg, \end{aligned} \tag{8}$$

qui sera maintenant la seule équation à laquelle doivent satisfaire les quantités indéterminées U, τ et τ'.

L'oiseau doit dépenser pour opérer le vol, conformément

à ce qui a été dit ci-dessus, la quantité d'action nécessaire pour surmonter la résistance que l'air oppose au mouvement des ailes. Cette quantité d'action est exprimée, en regardant toujours la vitesse du corps comme constante pendant la durée de chaque mouvement de l'aile, par $\Pi K \Omega \frac{(U-u_0)^2}{2g} . U\tau$ pour l'abaissement des ailes, et par $\Pi K' \Omega' \frac{(U'+u_1)^2}{2g} . U'\tau'$ pour l'élévation des ailes; ce qui donne pour la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps

$$(9) \qquad \frac{\Pi}{2g(\tau+\tau')}[K\Omega(U-u_0)^2 . U\tau + K'\Omega'(U'+u_1)^2 . U'\tau'].$$

En supposant comme ci-dessus $u_1 = u_0$, et substituant pour U' sa valeur déduite de l'équation (6), cette expression deviendra

$$(10) \qquad \frac{\Pi . U\tau}{2g(\tau+\tau')}\left[K\Omega(U-u_0)^2 + K'\Omega'\left(\frac{U\tau+u_0\tau'}{\tau'}\right)^2\right],$$

et l'on ne devra point oublier que les quantités U, τ et τ' qui y entrent doivent satisfaire à l'équation de condition (8).

Pour plus de simplicité, nous poserons $\tau' = p\tau$, et $K'\Omega' = qK\Omega$, en sorte que p exprimera le rapport du temps de l'abaissement au temps de l'exhaussement de l'aile, et q le rapport de la résistance que l'air oppose à l'aile quand elle s'abaisse à la résistance qui a lieu quand l'aile s'exhausse, la vitesse étant censée la même. L'équation (8) deviendra alors

$$0 = p(U-u_0)^2 - q(U+u_0 p)^2 - (p+p^2)\frac{k\omega}{K\Omega}u_0^2 - (p+p^2)\frac{2Pg}{\Pi K\Omega};$$

et si on la résout par rapport à U, on trouvera

$$(11)\quad U=p\frac{p+q}{p-q}u_0+\sqrt{pq\left(\frac{p+1}{p-q}\right)^2u_0^2+p\frac{p+1}{p-q}\frac{\Pi k\omega u_0^2+2Pg}{\Pi k\Omega}}.$$

En faisant les mêmes suppositions dans l'expression (10) de la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps, cette expression se changera en

$$(12)\quad \frac{\Pi K\Omega.U}{2g(p^2+p^3)}[p^2(U-u_0)^2+q(U+pu_0)^2],$$

où l'on doit substituer pour U la valeur (11).

II.

Avant de faire l'application des résultats précédents, nous présenterons la remarque suivante.

Dans le calcul qui vient d'être exposé, les vitesses U et U′ de l'aile, pendant l'abaissement et pendant l'exhaussement, ont été supposées constantes. Cette hypothèse n'est probablement pas entièrement conforme à la nature. On peut présumer en effet que l'oiseau ménage la vitesse de ses ailes de manière qu'elle prenne par degrés une valeur nulle à l'instant où la direction du mouvement va changer. En général nommant t la durée du temps, compté à partir du moment où l'aile commence à s'abaisser ou à se relever, les vitesses U ou U′ peuvent être considérées comme des fonctions de t dont l'expression est inconnue. La supposition admise dans l'article précédent, où U, U′ ont été regardées comme constantes, est un cas très-particulier. Nous imaginerons maintenant que U et U′ représentent les plus grandes valeurs des vitesses qui ont lieu respectivement pendant la durée de l'abaissement et pendant la durée de l'exhaussement, et nous écrirons UT

et U'T au lieu de U et U', en désignant par T un facteur fractionnaire fonction du temps t. Nous aurons alors, au lieu de l'équation (1),

$$(13)\quad 2P\frac{du}{dt}=\Pi K\Omega(U^2T^2-2Uu.T+u^2)-\Pi k\omega.u^2-2Pg;$$

et au lieu de l'équation (2),

$$(14)\quad 2P(u_1-u_0)=\tau\left[\Pi K\Omega\left(U^2.\frac{1}{\tau}\int_0^\tau dt.T^2 - 2Uu_0.\frac{1}{\tau}\int_0^\tau dt.T+u_0^2\right)-\Pi k\omega u_0^2-2Pg\right].$$

Nous aurons de même, au lieu de l'équation (3),

$$(15)\quad 2P\frac{du}{dt}=-\Pi K'\Omega'(U'^2T^2+2U'u.T+u^2)-\Pi k\omega.u^2-2Pg;$$

et au lieu de l'équation (4),

$$(16)\quad 2P(u_2-u_1)=-\tau'\left[\Pi K'\Omega'\left(U'^2.\frac{1}{\tau}\int_0^\tau dt.T^2 + 2U'u_1.\frac{1}{\tau}\int_0^\tau dt.T+u_1^2\right)+\Pi k\omega.u_1^2+2Pg\right].$$

Supposons comme ci-dessus le mouvement de l'oiseau uniforme, c'est-à-dire $u_2=u_0$, et négligeons la différence de u_1 et u_0. En écrivant pour abréger θ_1 au lieu de $\frac{1}{\tau}\int_0^\tau dt.T$, et θ_2 au lieu de $\frac{1}{\tau}\int_0^\tau dt.T^2$, les équations (14) et (16) donneront, après avoir mis pour U' sa valeur $\frac{U}{p}$,

$$0=(p-q)\mathrm{U}^2.\theta_2-2\mathrm{U}u_0(p+pq)\theta_1+(p-p^2q)u_0^2$$
$$-(p+p^2)\frac{\Pi k\omega u_0^2+2\mathrm{P}g}{\Pi\mathrm{K}\Omega};$$

d'où l'on déduit à la place de l'expression (11),

$$(17)\quad \mathrm{U}=u_0\frac{\theta_1}{\theta_2}\frac{p+pq}{p-q}$$
$$+\sqrt{u_0^2\left[\frac{\theta_1^2}{\theta_2^2}\left(\frac{p+pq}{p-q}\right)^2-\frac{1}{\theta_2^2}\frac{p-p^2q}{p-q}\right]+\frac{1}{\theta_2}\frac{p+p^2}{p-q}\frac{\Pi k\omega u_0^2+2\mathrm{P}g}{\Pi\mathrm{K}\Omega}}.$$

Quant à la quantité d'action dépensée, elle est exprimée ici, pour la durée d'un battement, par

$$\int_0^\tau dt.\mathrm{UT}.\Pi\mathrm{K}\Omega\frac{\mathrm{U}^2\mathrm{T}^2-2\mathrm{U}u_0\mathrm{T}+u_0^2}{2g}+\int_0^{\tau'}dt.\mathrm{U'T}.\Pi\mathrm{K'}\Omega'\frac{\mathrm{U'^2T^2}+2\mathrm{U'}u_0\mathrm{T}+u_0^2}{2g},$$

ou en employant les abréviations précédentes, et faisant encore $\theta_3=\frac{1}{\tau}\int_0^\tau dt.\mathrm{T}^3$,

$$\frac{\Pi\mathrm{K}\Omega.\mathrm{U}}{2g}(\mathrm{U}^2.\theta_3-2\mathrm{U}u_0.\theta_2+u_0^2.\theta_1)+\frac{\Pi\mathrm{K'}\Omega'.\mathrm{U'}}{2g}(\mathrm{U'^2}.\theta_3+2\mathrm{U'}u_0.\theta_2+u_0^2.\theta_1).$$

Nous aurons donc, au lieu de l'expression (12), pour la quantité d'action dépensée pendant l'unité de temps,

$$(18)\quad \frac{\Pi\mathrm{K}\Omega.\mathrm{U}}{2g(p^2+p^3)}[\mathrm{U}^2(p^2+q)\theta_3-2\mathrm{U}u_0(p^2-pq)\theta_2+u_0^2(p^2+p^2q)\theta_1].$$

Afin de comparer facilement ce résultat avec celui qui a été obtenu dans l'article I, nous considérerons le cas où la vitesse u_0 serait nulle, et où l'oiseau se soutiendrait simplement dans l'air. Les formules (12) et (18) deviennent alors, en y substituant respectivement pour U les valeurs données par les expressions (11) et (17),

$$P\frac{p^2+q}{p^2-pq}\sqrt{\frac{p+p^2}{p-q}\frac{2Pg}{\Pi K\Omega}} \quad \text{et} \quad P.\frac{\theta_3}{\theta_2^{\frac{3}{2}}}\frac{p^2+q}{p^2-pq}\sqrt{\frac{p+p^2}{p-q}\frac{2Pg}{\Pi K\Omega}}.$$

Ainsi l'expression (18) de la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps donnera une valeur moindre ou plus grande que la valeur donnée par l'expression (12), suivant que le facteur $\frac{\theta_3}{\theta_2^{\frac{3}{2}}}$ sera moindre ou plus grand que l'unité. Lorsque l'on suppose la vitesse de l'aile constante pendant la durée de l'abaissement ou de l'exhaussement, c'est-à-dire la fonction T égale à l'unité, le facteur dont il s'agit est égal à 1. Or il est aisé de s'assurer que dans tout autre cas, quelle que soit la fonction T dont les valeurs doivent demeurer comprises entre o et 1, le facteur $\frac{\theta_3}{\theta_2^{\frac{3}{2}}}$ aura toujours une valeur plus grande que 1.

Soit par exemple, $T=\sin.\frac{\pi t}{\tau}$: on trouvera $\theta_2=\frac{1}{4}$, $\theta_3=\frac{4}{3\pi}$. Donc $\frac{\theta_3}{\theta_2^{\frac{3}{2}}}=\frac{8\sqrt{2}}{3\pi}=1{,}201$.

Soit encore $T=e^{-m\frac{t}{\tau}}$: on trouvera $\theta_2=\frac{1}{2m}\left(1-e^{-2m}\right)$, $\theta_3=\frac{1}{3m}\left(1-e^{-3m}\right)$. Donc $\frac{\theta_3}{\theta_2^{\frac{3}{2}}}=\frac{(2m)^{\frac{3}{2}}}{3m}\cdot\frac{1-e^{-3m}}{\left(1-e^{-2m}\right)^{\frac{3}{2}}}$. Si m est très-petit, cette expression se réduit à l'unité; si m est très-grand, elle devient $\frac{2\sqrt{2m}}{3}$, c'est-à-dire très-grande.

On trouverait toujours, en donnant à T des valeurs fractionnaires assujetties à une loi quelconque, que la seconde des deux expressions précédentes prend une valeur plus grande que la première expression qui répond au cas de $T=1$. Il en résulte que lorsqu'on a pour objet de rechercher

la quantité d'action qu'il est au moins nécessaire de dépenser pour opérer le vol, la supposition de l'article I[er] est celle qu'il convient d'admettre. Il est possible que cette supposition ne soit pas conforme à la nature, parce qu'il est possible, et même très-vraisemblable, que la fatigue de l'oiseau n'est pas toujours exactement proportionnelle à la quantité d'action qu'il dépense. L'oiseau règle sans doute ses mouvements de manière à souffrir le moins de fatigue qu'il est possible, et peut par cette raison dépenser plus de quantité d'action qu'il n'est nécessaire. Mais le mécanicien qui cherche à apprécier la quantité d'action nécessaire pour opérer ces mouvements, ou celle qui devrait être dépensée par des agents naturels appliqués à un mécanisme disposé de manière à les imiter, ne doit pas avoir égard à cette considération. D'après cela nous supposerons toujours les vitesses U et U′ constantes pendant la durée de l'abaissement ou de l'exhaussement de l'aile; et en général nous nous attacherons aux hypothèses qui tendent à rendre la quantité d'action calculée la moindre possible, dans la vue de connaître la valeur de la plus petite quantité d'action qu'il est nécessaire de dépenser pour opérer le vol.

III.

En considérant le cas où l'oiseau se soutient dans l'air, en résistant seulement à l'action de la gravité, sans s'élever ni s'abaisser, et faisant $u_0 = 0$, l'expression (11) de la vitesse U deviendra

$$(19) \qquad U = \sqrt{\frac{p+p^2}{p-q}\,\frac{2Pg}{\Pi K\Omega}},$$

et l'expression (12) de la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps,

$$\frac{\Pi K \Omega U^3}{2g} \frac{p^2+q}{p^2+p^3};$$

ou en mettant pour U la valeur précédente,

$$(20) \qquad P \cdot \frac{p^2+q}{p^2-pq} \sqrt{\frac{p+p^2}{p-q} \frac{2Pg}{\Pi K \Omega}}.$$

Dans cette expression le rapport q peut être regardé comme donné par la figure de l'oiseau, et par la faculté dont il est doué de déployer ses ailes pendant qu'il les abaisse, et de les plier ou d'en diminuer la surface et la résistance pendant qu'il les relève. On peut imaginer ensuite que l'oiseau règle le rapport p, c'est-à-dire les durées relatives de l'abaissement et de l'exhaussement des ailes, de manière à ressentir le moins de fatigue qu'il est possible. Conformément à ce qui a été dit dans l'article précédent, nous attribuerons ici à p la valeur qui donnera à la quantité d'action dépensée la moindre valeur possible. La formule (20) devient infiniment grande lorsque $p = q$; elle le devient également si p est très-grand : il y a donc, pour chaque valeur de q, une valeur de p à laquelle répond une valeur minimum de l'expression dont il s'agit, et c'est cette valeur minimum qui doit être adoptée, afin d'apprécier la quantité d'action qu'il est absolument nécessaire que l'oiseau dépense pour planer dans l'air, et résister à l'action de la pesanteur. Cette formule indique d'ailleurs que la quantité d'action dépensée est proportionnelle à la puissance $\frac{3}{2}$ du poids de l'oiseau. Elle diminue quand l'étendue des ailes augmente, pourvu que le poids de l'oiseau n'augmente pas dans le même rapport. Elle est réciproque à

la racine carrée de la densité de l'air, ce qui indique la proportion suivant laquelle doit augmenter la fatigue que supporte l'oiseau à mesure qu'il plane dans un milieu moins résistant.

On trouve dans le Mémoire de M. Chabrier les données suivantes, prises sur une hirondelle :

Poids de l'oiseau, 288 grains, ou $0^{k},01526$;

Poids des ailes et de la queue, 22 grains, ou $0^{k},001166$;

Surface des ailes, 86 centimètres carrés:

Surface de la projection horizontale du tronc, du cou et de la tête, 14 centimètres carrés.

Surface de la queue, 24 centimètres carrés.

Nous pouvons donc prendre pour cet oiseau $P = 0^{k},01526$, $\Omega = 0^{\text{mèt. car}},0086$. Les autres quantités qui entrent dans la formule (20) sont, outre les rapports p et q, le poids ϖ de l'air qui est connu, et le coefficient désigné par K. Les expériences connues sur la résistance de l'air indiquent qu'un plan de l'étendue à peu près de l'aîle d'une hirondelle, donnerait lieu à une résistance égale au poids d'une colonne de fluide dont la base serait égale à l'étendue de ce plan, et dont la hauteur serait comprise entre une fois et demie et deux fois la hauteur due à la vitesse. Si nous admettons que les ailes des oiseaux donnent lieu à une résistance un peu plus grande, à raison de leur forme légèrement concave, nous pouvons supposer $K = 2$, et cette hypothèse ne donnera vraisemblablement lieu qu'à de très-petites erreurs. Il paraît seulement que cette valeur de K devrait être un peu augmentée il s'agissait de très-grands oiseaux. Il reste maintenant à déterminer les rapports p et q. Mais l'on va voir que

l'incertitude où l'on se trouve sur les valeurs de ces nombres n'empêche pas que l'on ne puisse apprécier avec un certain degré d'exactitude la quantité d'action que l'oiseau doit dépenser pour se soutenir dans l'air.

Plus le nombre q sera petit, et moins la quantité d'action exprimée par la formule (20) sera grande. Ce nombre exprime le rapport qui existe entre les résistances que l'air oppose à l'aile, à vitesse égale, lorsqu'elle se relève et lorsqu'elle s'abaisse. Il doit être moindre que l'unité, parce qu'en se relevant l'aile présente à l'air sa convexité, et en s'abaissant sa concavité; et parce que l'oiseau peut plier en partie l'aile lorsqu'il la relève, ce qui en diminue la surface. Supposons d'abord $q=\frac{1}{2}$. En adoptant les valeurs précédentes et supposant le poids du mètre cube d'air $\Pi=1^{k},25$, on trouvera que la valeur de p qui répond au minimum de la formule (20) s'éloigne peu de $p=3$, et que cette valeur minimum est $P(10^{m},35)$. En substituant les mêmes valeurs dans l'expression (19) de la vitesse d'abaissement du milieu de l'aile, on trouvera $U=8^{m},17$.

Supposons ensuite $q=\frac{1}{4}$. La valeur de p qui donnera le minimum de la formule (20) s'éloignera peu de $p=2$, et la valeur de cette formule sera $P(8^{m},39)$. On trouvera pour la valeur correspondante de U, $U=6^{m},91$.

Supposons enfin $q=\frac{1}{5}$. La valeur de p correspondante au minimum de la formule (20) sera encore à peu près $p=2$, et on trouvera pour cette valeur minimum $P(7^{m},95)$. La formule (19) donnera $U=6^{m},81$.

On reconnaît d'après ces résultats qu'en faisant varier entre

des limites assez éloignées la valeur de q, on ne donne pas lieu à de très-grandes variations dans les valeurs de la quantité d'action dépensée et de la vitesse d'abaissement des ailes. On ne peut donc se tromper beaucoup en admettant que la quantité d'action dépensée dans une seconde par un oiseau qui se soutient dans l'air est à peu près égale à celle qui serait nécessaire pour élever son poids à 8^m de hauteur (*).

(*) Les hypothèses que l'on a faites ici ne semblent pas fort éloignées de la vérité, quoique propres, selon toute apparence, à faire estimer la quantité d'action dépensée plutôt au-dessous qu'au-dessus de sa valeur. L'expressoin (20) donnera d'ailleurs un résultat d'autant moindre que q sera supposé plus petit, et l'on trouvera la plus petite valeur que puisse prendre cette expresion en supposant $q=0$ et $p=0$. Elle se réduit alors à $P.\sqrt{\frac{2Pg}{\Pi K\Omega}}$, et l'expression (19) de la vitesse d'abaissement du milieu de l'aile devient $U=\sqrt{\frac{2Pg}{\Pi K\Omega}}$. Or en admettant toujours les mêmes valeurs pour les quantités Π, K, Ω et P, ces dernières formules donneraient pour la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps $P(3^m,73)$, c'est-à-dire le poids de l'oiseau élevé à une hauteur de $3^m,73$ dans chaque seconde; et pour la vitesse d'abaissement du milieu de l'aile, $U=3^m,73$. Tels sont les résultats qui répondent à des hypothèses extrêmes fort éloignées sans doute de ce qui a lieu dans la nature, puisqu'elles consistent à admettre que l'air n'oppose absolument aucune résistance à l'aile quand elle se relève, et que le temps de l'abaissement de l'aile est infiniment plus petit que le temps de l'exhaussement.

On peut objecter aux calculs précédents que la valeur du coefficient K a été évaluée d'après des expériences faites sur des corps mus dans l'air d'un mouvement continu, et que cette valeur peut être différente pour un corps qui exécute des mouvements rapides, dirigés alternativement en sens opposés. Cette observation est fondée, et c'est par cette raison que l'on ne présente ici les résultats auxquels on est parvenu que comme des con-

On voit aussi que la vitesse d'abaissement de l'aile doit être à peu près égale à 7^m par seconde, et que l'aile doit employer environ deux fois plus de temps à se relever qu'à s'abaisser. Supposant que le milieu de l'aile d'une hirondelle parcoure à chaque battement un espace de $0^m,1$, il en résulte que la durée d'un battement est $\frac{3''}{70}$, en sorte qu'il doit y avoir environ 23 battements dans une seconde. L'aile des grands oiseaux parcourant un plus grand espace, la durée des battements doit être plus grande : elle est d'autant moindre que les oiseaux sont plus petits.

La quantité d'action qui vient d'être trouvée serait plus considérable si la densité de l'air était supposée moins grande. Cependant, comme elle n'augmenterait que dans le rapport de 1 à 1,4 environ si la densité de l'air était supposée moitié moindre, il y a tout lieu de penser que la hauteur à laquelle les oiseaux peuvent s'élever est moins bornée par la difficulté de trouver un appui suffisant dans la résistance de l'air, que par celle de respirer dans un air trop rare.

IV.

Nous chercherons maintenant à évaluer d'une manière approchée la quantité d'action que les oiseaux dépensent lors-

---

jectures fort vraisemblables, et non pas comme des vérités démontrées avec une entière certitude. Nous remarquerons d'ailleurs, en attendant que l'expérience ait prononcé sur ce point, que l'on ne connaît aujourd'hui aucun motif pour penser que le coefficient K doive prendre dans des mouvements alternatifs une valeur moindre que dans un mouvement continu : on serait plutôt disposé à adopter l'opinion contraire.

qu'ils se meuvent dans un air tranquille ou lorsqu'ils luttent contre les vents. En considérant le vol de la même manière que dans l'article I^er^, nous supposerons que l'oiseau cherche à s'élever suivant une direction rectiligne inclinée, et se meut en sens contraire du vent, dont la direction sera supposée horizontale, pour plus de simplicité. On concevra que la longueur du corps de l'oiseau est dirigée dans le sens de la ligne suivant laquelle il se transporte, et l'on considérera séparément les mouvements du corps dans le sens de cette ligne qui est supposée droite, et dans le sens d'une perpendiculaire à cette même ligne tracée sur le plan vertical dans lequel elle est contenue. On appellera

ω l'aire de la section transversale du corps de l'oiseau, faite perpendiculairement à sa longueur;

ω_1 l'aire de la section du corps de l'oiseau faite parallèlement à sa longueur;

k et k_1, les coefficients par lesquels il faut multiplier respectivement la hauteur due à la vitesse relative, pour avoir les hauteurs des colonnes de fluide dont les poids expriment les résistances que l'air oppose au mouvement du corps suivant sa longueur et perpendiculairement à sa longueur;

u la vitesse du corps de l'oiseau dans le sens de sa longueur, ou de la ligne suivant laquelle il se transporte;

v la vitesse du corps de l'oiseau dans le sens perpendiculaire à cette ligne;

α l'angle que la direction du mouvement de l'oiseau forme avec la verticale;

ξ l'angle que la direction du mouvement de l'oiseau forme

avec la direction suivant laquelle l'oiseau fait battre ses ailes (cet angle θ est compté à partir de la direction du mouvement de l'oiseau, dans le même sens que l'angle α);

W la vitesse horizontale du vent :

les autres lettres auront les significations indiquées article I^er^.

La vitesse du vent étant décomposée dans le sens de la longueur du corps de l'oiseau donnera la composante $W \sin. \alpha$, et dans le sens perpendiculaire à celui-ci la composante $W \cos. \alpha$: par conséquent la résistance opposée au corps dans le sens de la ligne sur laquelle il se transporte, est exprimée par $\Pi k \omega \frac{(u + W \sin. \alpha)^2}{2g}$, en même temps que l'effort $\Pi k_1 \omega_1 \frac{(W \cos. \alpha)^2}{2g}$ est exercé perpendiculairement à la longueur du corps, et contribue à détruire l'action de la gravité. Nous ne tenons pas compte, en évaluant ce dernier effort, du mouvement du corps dans le sens perpendiculaire à la ligne décrite par l'oiseau, parce que la vitesse v est toujours sensiblement nulle.

L'action de la gravité produit la force $P \cos. \alpha$ dans le sens de la longueur du corps, et la force $P \sin. \alpha$ perpendiculairement à cette longueur. D'un autre côté l'air est frappé, lors de l'abaissement des ailes, avec la vitesse relative $U - u \cos. \theta - W \sin. (\alpha - \theta)$, et lors de l'exhaussement des ailes avec la vitesse relative $U' + u \cos. \theta + W \sin. (\alpha - \theta)$. On trouve d'après cela que pendant l'abaissement de l'aile le mouvement du corps est réglé respectivement dans le sens de sa longueur, et perpendiculairement à sa longueur, par les équations

$$(21)\quad \begin{cases} \dfrac{P}{g}\dfrac{du}{dt} = \Pi K\Omega \dfrac{[U - u\cos.\mathcal{E} - W\sin.(\alpha-\mathcal{E})]^2}{2g}\cos.\mathcal{E} - \Pi k\omega\dfrac{(u+W\sin.\alpha)^2}{2g} - P\cos.\alpha, \\ \dfrac{P}{g}\dfrac{dv}{dt} = \Pi K\Omega \dfrac{[U - u\cos.\mathcal{E} - W\sin.(\alpha-\mathcal{E})]^2}{2g}\sin.\mathcal{E} + \Pi k_1\omega_1\dfrac{(W\cos.\alpha)^2}{2g} - P\sin.\alpha, \end{cases}$$

Pendant l'exhaussement de l'aile le mouvement du corps est réglé par les équations

$$(22)\quad \begin{cases} \dfrac{P}{g}\dfrac{du}{dt} = -\Pi K'\Omega' \dfrac{[U' + u\cos.\mathcal{E} + W\sin.(\alpha-\mathcal{E})]^2}{2g}\cos.\mathcal{E} - \Pi k\omega\dfrac{(u+W\sin.\alpha)^2}{2g} - P\cos.\alpha, \\ \dfrac{P}{g}\dfrac{dv}{dt} = -\Pi K'\Omega' \dfrac{[U' + u\cos.\mathcal{E} + W\sin.(\alpha-\mathcal{E})]^2}{2g}\sin.\mathcal{E} + \Pi k_1\omega_1\dfrac{(W\cos.\alpha)^2}{2g} - P\sin.\alpha. \end{cases}$$

En regardant donc, comme on l'a fait ci-dessus, la vitesse u comme constante, pendant la durée de l'abaissement et pendant la durée de l'exhaussement de l'aile, dans les seconds membres de ces équations; appelant u_0, u_1, u_2 les valeurs de u qui ont lieu quand les ailes commencent à s'abaisser, quand l'abaissement est terminé, et à la fin de l'exhaussement, et v_0, v_1, v_2 les valeurs de v qui ont lieu aux mêmes instants; ces équations donneront

$$(23)\quad \begin{cases} \dfrac{P}{g}\dfrac{u_1 - u_0}{\tau} = \Pi K\Omega \dfrac{[U - u_0\cos.\mathcal{E} - W\sin.(\alpha-\mathcal{E})]^2}{2g}\cos.\mathcal{E} - \Pi k\omega\dfrac{(u_0+W\sin.\alpha)^2}{2g} - P\cos.\alpha, \\ \dfrac{P}{g}\dfrac{v_1 - v_0}{\tau} = \Pi K\Omega \dfrac{[U - u_0\cos.\mathcal{E} - W\sin.(\alpha-\mathcal{E})]^2}{2g}\sin.\mathcal{E} + \Pi k_1\omega_1\dfrac{(W\cos.\alpha)^2}{2g} - P\sin.\alpha; \end{cases}$$

et

$$(24)\quad \begin{cases} \dfrac{P}{g}\dfrac{u_2 - u_1}{\tau'} = -\Pi K'\Omega' \dfrac{[U' + u_1\cos.\mathcal{E} + W\sin.(\alpha-\mathcal{E})]^2}{2g}\cos.\mathcal{E} - \Pi k\omega\dfrac{(u_1+W\sin.\alpha)^2}{2g} - P\cos. \\ \dfrac{P}{g}\dfrac{v_2 - v_1}{\tau'} = -\Pi K'\Omega' \dfrac{[U' + u_1\cos.\mathcal{E} + W\sin.(\alpha-\mathcal{E})]^2}{2g}\sin.\mathcal{E} + \Pi k_1\omega_1\dfrac{(W\cos.\alpha)^2}{2g} - P\sin. \end{cases}$$

Le mouvement de l'oiseau est déterminé par les équa-

tions (23) et (24). Si ce mouvement n'était pas supposé dirigé en ligne droite, il faudrait introduire dans les derniers membres de la seconde des équations (21) et de la seconde des équations (22) l'expression de l'action de la force centrifuge.

Le vol de l'oiseau étant supposé réglé de manière qu'il se transporte en ligne droite avec une vitesse constante, nous devons supposer ici $u_2 = u_0$ et $v_2 = v_0 = 0$. De plus, eu égard à la variation excessivement petite que doit subir la vitesse du corps pendant un battement des ailes, on ne peut commettre aucune erreur sensible en écrivant dans le second membre u_0 aulieu de u_1. D'après cela on déduira des deux premières équations (23) et (24)

$$
\begin{aligned}
0 = \tau\{\Pi K \Omega[U - u_0\cos.\mathcal{E} - W\sin.(\alpha - \mathcal{E})]^2\cos.\mathcal{E} \\
- \Pi k\omega(u_0 + W\sin.\alpha)^2\} - \tau.2Pg\cos.\alpha \\
- \tau'\{\Pi K'\Omega[U' + u_0\cos.\mathcal{E} + W\sin.(\alpha - \mathcal{E})]^2\cos.\mathcal{E} \\
+ \Pi k\omega(u_0 + W\sin.\alpha)^2\} - \tau'.2Pg\cos.\alpha;
\end{aligned}
\tag{25}
$$

et des deux secondes équations (23) et (24)

$$
\begin{aligned}
0 = \tau\{\Pi K \Omega[U - u_0\cos.\mathcal{E} - W\sin.(\alpha - \mathcal{E})]^2\sin.\mathcal{E} \\
+ \Pi k_1\omega_1(W\cos.\alpha)^2\} - \tau.2Pg\sin.\alpha \\
- \tau'\{\Pi K'\Omega'[U' + u_0\cos.\mathcal{E} + W\sin.(\alpha - \mathcal{E})]^2\sin.\mathcal{E} \\
- \Pi k_1\omega_1(W\cos.\alpha)^2\} - \tau'.2Pg\sin.\alpha.
\end{aligned}
\tag{26}
$$

En joignant aux équations (25) et (26) l'équation (6) qui exprime que les espaces relatifs parcourus par l'aile en s'abaissant et en se relevant sont égaux, on aura toutes les conditions du vol.

On déduit des équations (25) et (26) l'expression

$$(27)\qquad \text{tang.}\,\mathcal{E}=\frac{\mathrm{P}\sin.\alpha-\Pi k_{1}\omega_{1}\frac{(\mathrm{W}\cos.\alpha)^{2}}{2g}}{\mathrm{P}\cos.\alpha+\Pi k\omega\frac{(u_{0}+\mathrm{W}\sin.\alpha)^{2}}{2g}}$$

qui détermine l'angle que la direction du battement des ailes forme avec la ligne droite suivant laquelle l'oiseau se transporte. Cet angle sera d'autant plus petit que la vitesse du mouvement propre de l'oiseau sera plus considérable. L'expression (27) indique d'ailleurs que le battement des ailes doit avoir lieu dans la direction de la résultante des forces P, $\Pi k\omega\frac{(u_{0}+\mathrm{W}\sin.\alpha)^{2}}{2g}$ et $\Pi k_{1}\omega_{1}\frac{(\mathrm{W}\cos.\alpha)^{2}}{2g}$ qui agissent sur l'oiseau, ainsi qu'on pouvait le prévoir; puisque l'effet de ce battement doit être de détruire l'action de ces forces, et de conserver la grandeur et la direction de la vitesse actuelle u_{0}.

L'angle $\mathcal{E}$ est déterminé par l'équation (27). Si l'on substitue dans l'équation (25) pour U' la valeur $\frac{\mathrm{U}\tau}{\tau'}$, on déduira de cette équation, après avoir remplacé τ' par $p\tau$, et $\mathrm{K}'\Omega'$ par $q.\mathrm{K}\Omega$,

$$(28)\quad \mathrm{U}=\frac{p+pq}{p-q}[u_{0}\cos.\mathcal{E}+\mathrm{W}\sin.(\alpha-\mathcal{E})]$$
$$+\sqrt{pq\left(\frac{p+1}{p-q}\right)^{2}[u_{0}\cos.\mathcal{E}+\mathrm{W}\sin.(\alpha-\mathcal{E})]^{2}+\frac{p+p^{2}}{p-q}\frac{\Pi k\omega(u_{0}+\mathrm{W}\sin.\alpha)^{2}+2\mathrm{P}g\cos.\alpha}{\Pi\mathrm{K}\Omega\cos.\mathcal{E}}}.$$

A l'égard de la quantité d'action dépensée, elle est évidemment exprimée ici, pour le temps de l'abaissement des ailes, par

$$\Pi\mathrm{K}\Omega\frac{[\mathrm{U}-u_{0}\cos.\mathcal{E}-\mathrm{W}\sin.(\alpha-\mathcal{E})]^{2}}{2g}.\mathrm{U}\tau;$$

pour le temps de l'exhaussement des ailes, par

$$\Pi K'\Omega' \frac{[U' + u_0 \cos.\epsilon + W \sin.(\alpha - \epsilon)]^2}{2g} . U'\tau';$$

et par conséquent pour l'unité de temps, par

$$(29) \quad \frac{\Pi}{2g(\tau+\tau')} \{K\Omega[U - u_0 \cos.\epsilon - W \sin.(\alpha-\epsilon)]^2 . U\tau - K'\Omega'[U' + u_0 \cos.\epsilon + W \sin.(\alpha-\epsilon)]^2 . U'\tau'\}.$$

Cette expression, en y substituant pour U' sa valeur $\frac{U\tau}{\tau'}$, et introduisant les rapports p et q, deviendra

$$(30) \quad \frac{\Pi K\Omega . U}{2g(p^2+p^3)} \{p^2[U - \{u_0 \cos.\epsilon + W \sin.(\alpha-\epsilon)\}]^2 + q[U + p\{u_0 \cos.\epsilon + W \sin.(\alpha-\epsilon)\}]^2\}.$$

On doit y remplacer ϵ par sa valeur déduite de l'équation (27), et U par sa valeur (28) : il n'y restera plus rien d'arbitraire, si ce n'est le rapport p.

V.

Nous appliquerons les formules précédentes au cas où l'oiseau se meut horizontalement dans la direction du vent. L'angle α est alors droit : l'expression (27) de tang. ϵ se réduit à

$$(31) \quad \text{tang.}\epsilon = \frac{P}{\Pi k \omega \frac{(u_0+W)^2}{2g}},$$

formule qui donnera pour ϵ une valeur très-petite lorsque la vitesse de l'oiseau ou celle du vent seront grandes, comme nous le supposerons. En effet le poids de l'oiseau est alors fort petit par rapport à la résistance que l'air oppose au mouvement de son corps, ainsi qu'il est facile de le reconnaître. On peut donc supposer alors cos. $\epsilon = 1$. L'expression (28) de la

vitesse U devient

$$(32)\quad U=(u_0+W)\left[\frac{p+pq}{p-q}+\sqrt{pq\left(\frac{p+1}{p-q}\right)^2+\frac{p+p^2}{p-q}\frac{k\omega}{K\Omega}}\right];$$

et l'expression (30) de la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps,

$$(33)\quad \frac{\Pi K\Omega.U}{2g(p^2+p^3)}\{p^2[U-(u_0+W)]^2+q[U+p(u_0+W)]^2\},$$

où l'on doit substituer pour U la valeur (32).

Pour connaître les valeurs numériques représentées par ces formules, il faut d'abord estimer le rapport $\frac{k\omega}{K\Omega}$, c'est-à-dire le rapport de la résistance que l'air opposerait au mouvement du corps à la résistance que l'air opposerait au mouvement des ailes lors de leur abaissement, la vitesse étant supposée la même. Ce rapport dépend de la proportion de l'aire ω de la section transversale du corps à l'aire Ω des ailes, et des figures du corps et des ailes. Le corps est formé de manière à ce que l'air lui oppose peu de résistance, et l'aile au contraire a la figure convenable pour que l'air lui en présente beaucoup quand elle s'abaisse. Nous supposerons ici $\frac{\omega}{\Omega}=\frac{1}{4}$. Nous attribuerons au coefficient k la valeur $\frac{1}{2}$, un peu moindre que celle qui conviendrait à une sphère; et au coefficient K la valeur 2, comme nous l'avons déja fait dans l'art. III. On aura donc $\frac{k\omega}{K}=\frac{1}{16}$.

Si l'on substitue cette valeur dans la formule (32), et si l'on fait d'abord $q=\frac{1}{2}$, c'est-à-dire si l'on suppose qu'à vitesse égale la résistance opposée par l'air à l'aile qui se relève est la moitié de la résistance que ce fluide oppose à l'aile qui

s'abaisse, on trouvera que la valeur de p qui donne le minimum de l'expression (33) est à peu près $p=18$; et l'on a alors pour la vitesse du centre de l'aile quand elle s'abaisse

$$U=4{,}98(u_o+W),$$

et pour l'expression de la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps (en supposant toujours $\Pi=1^k,25$ et $\Omega=0^{mq},0086$, valeur qui convient à une hirondelle)

$$0{,}00479(u_o+W)^3.$$

Si, pour se former une idée des différences que présenteraient ici les résultats lorsque la valeur de q viendrait à varier, l'on suppose encore $q=\frac{1}{4}$, on trouvera que la valeur de p qui donne le minimum de l'expression (33) est à peu près $p=14$; et l'on a alors pour la vitesse du centre de l'aile quand elle s'abaisse

$$U=3{,}54(u_o+W),$$

et pour l'expression de la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps

$$0{,}00176(u_o+W)^3,$$

quantité qui est à peu près le tiers de la précédente.

Il paraît que les oiseaux plient fort peu les ailes pendant le vol, et la supposition de $q=\frac{1}{2}$ est vraisemblablement plus près de la vérité que la supposition de $q=\frac{1}{4}$. Cependant dans la vue d'apprécier toujours la quantité d'action nécessaire pour opérer le vol plutôt au-dessous qu'au-dessus de sa véritable valeur, nous pouvons admettre cette dernière hypothèse. On conclura alors que la vitesse d'abaissement de l'aile doit être à peu près égale à $3\frac{1}{2}$ fois la vitesse avec la-

quelle l'oiseau se meut dans un air tranquille. Si cette vitesse est supposée de 15^m par seconde, comme on l'observe communément dans le vol soutenu des oiseaux, la vitesse d'abaissement de l'aile sera donc de $52^m,5$. En admettant, comme dans l'article III, que le centre des ailes de l'hirondelle parcourt à chaque vibration un espace de $0^m,1$, on aura donc $\frac{1''}{525}$ pour la durée de l'abaissement; et puisque la durée de l'exhaussement de l'aile est 14 fois plus grande, la durée totale d'un battement sera $\frac{15''}{525}$; en sorte qu'il y aura $\frac{525}{15}$, ou 35 battements dans une seconde. On conclura de plus que la quantité d'action dépensée dans une seconde est exprimée par le nombre $0{,}00176(15)^3 = 5{,}95$ kilogrammes élevés à un mètre, c'est-à-dire qu'elle est égale au poids de l'oiseau élevé à 390^m de hauteur environ (1).

---

(1) La limite des valeurs de l'expression (32) de la vitesse d'abaissement du milieu de l'aile, lorsque l'on attribue aux rapports q et p des valeurs de plus en plus petites, est $U = (u_0 + W)\left(1 + \sqrt{\frac{k\omega}{K\Omega}}\right)$; et la limite de l'expression (33) de la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps est $\Pi k\omega \frac{(u_0+W)^3}{2g}\left(1+\sqrt{\frac{k\omega}{K\Omega}}\right)$. Si le rapport $\frac{k\omega}{K\Omega}$ est supposé infiniment petit, cette dernière formule se réduit à $\Pi k\omega \frac{(u_0+W)^3}{2g}$, c'est-à-dire à la quantité d'action qu'il serait nécessaire de dépenser pour faire mouvoir dans l'air le corps de l'oiseau avec la vitesse $u_0 + W$. Il est évident en effet que l'animal ne peut pas se déplacer sans dépenser tout au moins cette quantité d'action.

On a supposé dans l'article III, $K\Omega = 2 \times 0{,}0086$; et l'on a admis ci-dessus $\frac{1}{16}$ pour la valeur du rapport $\frac{k\omega}{K\Omega}$. En prenant donc $k\omega = \frac{2\times 0{,}0086}{16}$,

Le résultat précédent pourrait être appliqué à tout autre oiseau, pourvu que l'on supposât que son poids augmente ou diminue dans la même proportion que l'étendue de ses ailes. En comparant ce résultat à celui qui a été obtenu dans l'article III, on reconnaît que la fatigue que l'oiseau supporte quand il plane dans l'air n'est qu'une petite fraction de celle à laquelle il est exposé dans un vol rapide et soutenu. Il y a des oiseaux qui ne se posent presque jamais dans le jour : il existe peut-être le même rapport entre les efforts qui leur sont nécessaires pour se soutenir simplement dans l'air ou pour voler avec vitesse, et ceux qui sont nécessaires aux animaux terrestres pour se tenir debout sur leurs jambes ou pour faire une course rapide.

On reconnaîtra d'ailleurs, en substituant les nombres dans les formules précédentes, que l'incertitude qui existe sur la valeur du rapport $\frac{k\omega}{K\Omega}$, que nous avons supposée égale à $\frac{1}{16}$, n'en apporte pas une très-grande sur les résultats. En effet si, supposant la résistance du corps nulle, on négligeait entièrement le terme qui contient ce rapport, et que l'on supposât toujours $q=\frac{1}{4}$, $p=14$, on trouverait $U=3{,}31(u_0+W)$ au lieu de $U=3{,}54(u_0+W)$; et la valeur de la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps ne serait que de $\frac{1}{5}$ environ plus petite que la valeur précédente.

---

la formule $\Pi k\omega\frac{(u_0+W)^3}{2g}\left(1+\sqrt{\frac{k\omega}{K\Omega}}\right)$ deviendra $0{,}0000856(u_0+W)^3$.

Cette quantité, environ vingt fois plus petite que le résultat indiqué dans le texte, répond aux suppositions extrêmes d'une résistance nulle au relèvement de l'aile et d'un abaissement de l'aile infiniment plus rapide que le relèvement.

On a trouvé article III, dans la supposition de $q = \frac{1}{4}$, et pour le cas où l'oiseau plane dans l'air, que le nombre des battements des ailes dans une seconde était 23, et que la durée de l'abaissement de l'aile était le $\frac{1}{3}$ de la durée totale du battement. Nous trouvons ici dans la même supposition, pour le cas où l'oiseau se meut horizontalement dans un air calme avec une vitesse de 15^{m} par seconde, que le nombre des battements des ailes dans une seconde est 35, et que la durée de l'abaissement de l'aile est le $\frac{1}{15}$ de la durée totale du battement. Il paraît donc que l'oiseau règle ses mouvements, d'après la vitesse qu'il veut prendre, en augmentant ou diminuant le nombre des battements des ailes dans un temps donné, et surtout en établissant divers rapports entre la vitesse de l'abaissement et la vitesse de l'exhaussement des ailes. Il abaisse son aile avec d'autant plus de force et de promptitude que son mouvement doit être plus rapide.

Les expressions (32) et (33) comparées à la formule (20), montrent que la quantité d'action dépensée pour opérer un vol rapide est assujétie à d'autres lois que la quantité d'action nécessaire pour que l'oiseau se soutienne immobile dans l'air en résistant seulement à l'action de la pesanteur. Dans ce dernier cas la fatigue augmente lorsque la densité de l'air diminue : le contraire a lieu quand il s'agit d'un vol rapide. La quantité d'action dépensée, à laquelle la fatigue doit être à peu près proportionnelle, diminue dans le même rapport que la densité de l'air. Ce résultat apprend par quelle raison les oiseaux qui changent de climat s'élèvent ordinairement à de très-grandes hauteurs lorsqu'ils entreprennent leurs voyages annuels.

VI.

Les résultats précédents peuvent servir à mettre en évidence l'extrême disproportion des forces des animaux terrestres, de l'homme principalement, avec les efforts qui leur seraient nécessaires, non-seulement pour se mouvoir dans l'air avec vitesse en imitant le vol des oiseaux, mais simplement pour s'y soutenir et résister à la gravité.

Nous avons vu dans l'article III que la quantité d'action dépensée par un oiseau proportionné comme l'est une hirondelle, pour planer dans l'air, devait être au moins égale, pendant la durée de chaque seconde, à celle qui serait nécessaire pour élever le poids de son corps à 8^m de hauteur. Cette quantité d'action est fort petite par rapport à celle que dépense le même oiseau dans ses voyages annuels qui durent quelquefois plusieurs jours sans interruption. Nous allons la comparer à celle que dépense l'homme dans les travaux auxquels il se livre habituellement.

Un homme travaillant à une manivelle pendant 8 heures par jour est regardé comme produisant, terme moyen, une quantité d'action capable d'élever un poids de 6^k à 1^m de hauteur. Si cet homme pèse 70^k on voit que cette quantité d'action serait capable d'élever son poids à une hauteur égale à $\frac{6^m}{70}$ ou $0^m,086$ de hauteur. Ainsi, toutes proportion gardées, elle n'est pas la $\frac{1^e}{92}$ partie de la quantité d'action que l'oiseau dépense pour se soutenir dans l'air.

D'après ce qui vient d'être énoncé, l'homme travaillant à une manivelle produit dans les 8 heures de travail journalier une quantité d'action capable d'élever un poids de 172800^k

à un mètre. Si l'on pouvait supposer qu'il est le maître de dépenser cette même quantité d'action dans un intervalle de temps aussi court qu'il le veut, on connaîtrait la durée du temps t pendant lequel il pourrait chaque jour se soutenir dans l'air en écrivant $172800 = 70 \times 8 \times t$, ce qui donne $t = 308''$, ou 5 minutes environ. Mais comme l'expérience journalière apprend assez qu'il est impossible à l'homme, aussi bien qu'aux autres animaux, de produire en 5 minutes la même quantité d'action qu'ils produisent en 8 heures dans un travail reglé, il est évident qu'un homme ne pourrait chaque jour se soutenir dans l'air que pendant un intervalle de temps beaucoup plus court, et qui serait vraisemblablement fort au-dessous d'une minute.

Les travaux que l'on fait exécuter aux animaux, qui consistent ordinairement à porter des fardeaux, ou à tirer, ne présentent pas d'analogie avec ceux qui seraient nécessaires pour l'imitation du vol. Nous remarquerons toutefois qu'un cheval attelé à un manège, allant au trot, est regardé comme produisant moyennement dans une seconde une quantité d'action capable d'élever un poids de 60^k à un mètre de hauteur. Ce cheval pesant environ 300^k, on voit que la quantité d'action qu'il dépense en une seconde est capable d'élever son poids à $\frac{60^m}{300}$ ou $0^m,2$ de hauteur environ. La durée du travail journalier est estimée à $4\frac{1}{2}$ heures.

On conçoit, d'après ce qui précède, par quelle raison les nombreux essais qui ont été faits pour imiter le vol des oiseaux n'ont eu aucun résultat. Attribuer à l'homme la faculté de traverser les airs est une idée qui a toujours plu à l'imagination : mais elle n'a pu être réalisée que dans des êtres poé-

tiques, auxquels on attribuait un caractère divin, et par conséquent des forces sans limites et une vigueur inépuisable.

VII.

L'imitation du vol des oiseaux paraissant impossible lorsqu'on prétend détruire par la vivacité des mouvements alternatifs des ailes l'action de la pesanteur, il reste à examiner si l'on pourrait voyager dans les airs avec quelque vitesse, en faisant en sorte que cette action fût détruite par l'emploi d'un aérostat; ou en général au moyen d'une capacité vuide, ou contenant un gaz beaucoup plus léger que l'air. Cette question se réduit évidemment à examiner quelle vitesse un agent mécanique quelconque suspendu à un aérostat pourrait lui procurer dans une direction déterminée.

Plusieurs moyens se présentent pour agir sur l'air de manière à imprimer une certaine vitesse à un corps suspendu dans ce fluide. Il serait superflu d'en faire l'énumération, et de les considérer chacun en particulier : on se trouverait d'ailleurs, en examinant des roues ou des rames de diverses espèces, ramené à peu près aux mêmes résultats. En attendant que l'expérience ait donné sur ce point des lumières qui nous manquent entièrement, la disposition qui semble le plus propre à être mise à exécution consiste peut-être dans l'emploi de grandes roues portant des voiles ou palettes dirigées obliquement, et semblables à celles des moulins à vent ordinaires. En faisant tourner une roue de cette espèce, on exercerait sur l'air un effort qui tendrait à déplacer le système dont cette roue ferait partie. Mais comme l'effort dont il s'agit serait dirigé obliquement par rapport à l'axe de la

roue, on peut concevoir que l'on emploie deux roues pareilles, dont les axes sont parallèles, qui tournent en sens contraires, et dont les ailes obliques sont également placées en sens contraires. L'emploi de ces deux roues, auxquelles il faudrait joindre une rame ou voile servant de gouvernail, donnerait de la stabilité à la direction du mouvement, et permettrait de se gouverner facilement en imprimant à l'une et à l'autre des vitesses différentes. Tant que les deux roues auraient la même vitesse, la direction du mouvement aurait lieu parallèlement à leurs axes.

Nous considérerons en premier lieu un appareil de ce genre dans un cas analogue à celui de l'article I, c'est-à-dire en supposant qu'il s'agit d'enlever un certain poids, et de procurer au système, de bas en haut, un mouvement dans le sens vertical. Nous désignerons par

ω l'aire de la section transversale du corps que l'on veut élever;

Ω l'aire des ailes obliques placées sur les roues;

φ l'angle que le plan de ces ailes forme avec la direction de l'axe des roues;

u la vitesse avec laquelle le système est transporté dans l'espace;

U la vitesse de rotation du centre de figure des ailes;

P le poids total du système.

Π représentera comme ci-dessus le poids de l'unité de volume de l'air, et les résistances directes du corps dont la section est ω, et des ailes dont l'aire est Ω, seront représentées respectivement par les produits des quantités $k\,\omega$ et $K\,\Omega$ multipliées par les hauteurs dues aux vitesses relatives.

D'après cela on remarquera que la vitesse du mouvement de rotation du centre des ailes, estimée perpendiculairement à ces ailes, est $U\cos.\varphi$; et que la vitesse du mouvement de translation de l'appareil, estimée dans le même sens, est $u\sin.\varphi$. Les ailes frappent donc l'air avec la vitesse relative $U\cos.\varphi - u\sin.\varphi$, qui donne lieu à un effort exprimé par $\Pi K\Omega\frac{(U\cos.\varphi - u\sin.\varphi)^2}{2g}$. Cet effort, dirigé perpendiculairement aux ailes, donne dans le sens du mouvement de translation du système la composante $\Pi K\Omega\frac{(U\cos.\varphi - u\sin.\varphi)^2}{2g}\sin.\varphi$. On voit donc que la condition nécessaire pour que le système se meuve verticalement de bas en haut avec la vitesse constante u est exprimée par l'équation

$$\Pi K\Omega\frac{(U\cos.\varphi - u\sin.\varphi)^2}{2g}\sin.\varphi = \Pi k\omega\frac{u^2}{2} + P,$$

ou

$$(34)\qquad \Pi K\Omega(U\cos.\varphi - u\sin.\varphi)^2\sin.\varphi = \Pi k\omega u^2 + 2Pg;$$

d'où l'on tire

$$(35)\qquad U\cos.\varphi = u\sin.\varphi + \sqrt{\frac{\Pi k\omega u^2 + 2Pg}{\Pi K\Omega\sin.\varphi}}.$$

Pour connaître maintenant la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps, il faut multiplier l'effort exercé par les ailes sur l'air par la vitesse de rotation estimée perpendiculairement à ces ailes, ce qui donnera

$$\Pi K\Omega\frac{(U\cos.\varphi - u\sin.\varphi)^2}{2g}U\cos.\varphi,$$

et en substituant pour U la valeur (35),

$$(36) \qquad \left(P+\Pi k\omega\frac{u^2}{2g}\right)\left[u\sin.\varphi+\sqrt{\frac{\Pi k\omega u^2+2Pg}{\Pi K\Omega\sin.\varphi}}\right].$$

Supposons d'abord qu'il s'agit simplement de soutenir l'appareil dans l'air contre l'action de la pesanteur, sans lui imprimer aucun mouvement. On fera donc $u=0$, et l'expression (36) de la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps se réduira à

$$(37) \qquad P\sqrt{\frac{2Pg}{\Pi K\Omega\sin.\varphi}}.$$

On peut remarquer l'analogie de cette formule avec la formule (20) qui a été employée dans l'article III. Ces expressions ne diffèrent que par les facteurs numériques, qui sont $\frac{p^2+q}{p^2-pq}\sqrt{\frac{F+p^2}{p-q}}$ dans l'une, et $\sqrt{\frac{1}{\sin.\varphi}}$ dans l'autre. Dans la réalité le premier de ces facteurs sera plus grand que le second, en sorte que l'emploi d'un mouvement alternatif comportera, toutes choses égales d'ailleurs, plus de force que l'emploi d'un mouvement de rotation continu. Mais à mesure que l'on fait des hypothèses propres à rendre la quantité d'action dépensée la moindre possible, c'est-à-dire à mesure que l'on suppose p et q plus petits, ou sin. φ plus grand, ces deux facteurs s'approchent de la même limite, qui est l'unité; d'où l'on peut conclure qu'il n'y a pas une différence essentielle entre ces deux modes d'action. En général la nature des organes des animaux, qui consistent principalement dans des ressorts que la volonté contracte ou relâche alternativement, les rend plus propres à la production des mouvements alternatifs, tandis que les mouvements continus conviennent mieux aux appareils mécaniques construits par l'homme, et mus par les agents naturels.

L'application de la formule (37) conduirait à des résultats semblables à ceux qui ont été trouvés dans les articles précédents, c'est-à-dire qu'un homme serait également dans l'impossibilité, en faisant usage de l'appareil dont il s'agit, de se soutenir dans l'air contre l'action de la pesanteur. Il est absolument nécessaire, pour que l'homme puisse se transporter dans les airs, que son poids soit supporté par le moyen d'une capacité plus légère que l'air lui-même.

La formule (36) pourra s'appliquer au cas où l'homme, ainsi que l'appareil destiné à lui imprimer du mouvement, seraient supportés par un aérostat, en y supposant $P = o$. Cette formule donnera alors pour la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps

$$(38) \qquad \frac{\Pi k\omega u^3}{2g}\left(\sin.\varphi + \sqrt{\frac{k\omega}{K\Omega \sin.\varphi}}\right),$$

dans laquelle la quantité $\frac{\Pi k\omega u^2}{2g}$ doit être considérée comme représentant la résistance que l'air opposerait à l'aérostat et à l'appareil qu'il supporte (non compris les roues à ailes obliques), en les supposant mus avec la vitesse u. Cette dernière formule est analogue à l'expression (33) qui a été employée dans l'article V : car si nous supposons $q = o$, la formule (33) se réduit à

$$\frac{\Pi k\omega u_o^3}{2g}\left(1 + \sqrt{(1+p)\frac{k\omega}{K\Omega}}\right).$$

La valeur de l'expression (38) dépend de celle de l'angle φ, qui est arbitraire. Si l'on détermine cet angle de manière à rendre cette expression la moindre possible, on trouve la condition $\sin.\varphi = \left(\frac{1}{4}\frac{k\omega}{K\Omega}\right)^{\frac{1}{3}}$, et l'expression de la quantité

d'action qu'il est nécessaire de dépenser dans l'unité de temps pour mouvoir dans l'air l'appareil avec la vitesse u devient

$$\frac{\Pi k \omega u^3}{2g} \cdot 3\left(\frac{1}{4}\frac{k\omega}{K\Omega}\right)^{\frac{1}{3}}. \tag{39}$$

Il est évident d'ailleurs que l'on ne pourrait satisfaire à la condition précédente si l'on avait $4K\Omega < k\omega$. Dans ce cas le minimum de quantité d'action dépensée aurait lieu en prenant $\sin.\varphi = 1$, ce qui supposerait la vitesse du mouvement de rotation des ailes infinie. Mais on peut toujours supposer les ailes assez grandes pour que ce cas n'ait point lieu, et employer la formule (39). On voit que la dépense de quantité d'action est proportionnelle à la puissance $\frac{4}{3}$ de la résistance du corps qu'il s'agit de mouvoir, et réciproquement proportionnelle à la puissance $\frac{1}{3}$ de la résistance des ailes placées sur les roues.

Ces résultats permettront de se former une idée des vitesses qu'il serait possible d'imprimer à des appareils supportés par des aérostats, au moyen des agents mécaniques dont on peut disposer aujourd'hui. Désignons par a le rayon d'un aérostat dont la figure sera supposée sphérique : l'aire du grand cercle sera πa^2. La valeur du coefficient k qui convient à la sphère, lorsque la vitesse n'est pas très-grande, est, d'après les expériences connues, 0,6. On peut conclure des expériences qui ont été faites sur l'action des moulins à vent, et particulièrement des expériences de Coulomb sur les moulins de la Belgique, que l'on s'écartera très-peu de la vérité en supposant $K = 3$. Quant à l'étendue des ailes désignée par Ω, elle est arbitraire ; mais comme, à mesure qu'on l'augmenterait, on s'exposerait à rendre de plus en plus l'appareil le

jouet des vents, outre que l'on augmenterait ainsi le poids qui devrait être supporté, il existe à cet égard des limites que l'on ne peut dépasser, et nous serons peut-être au-delà de ces limites en supposant $\Omega = \omega$, c'est-à-dire l'aire des ailes égale à celle du grand cercle de l'aérostat. Si l'on fait donc dans la formule (39) $\Pi = 1^{k},25$, poids supposé du mètre cube d'air, $k = 0,6$, $K = 3$, $\frac{\omega}{\Omega} = 1$, $\omega = \pi a^{2}$, cette formule devient

$$0,1328 . a^{2} u^{3}$$

et donne l'expression de la quantité d'action qu'il faudra dépenser dans une seconde pour mouvoir dans l'air avec la vitesse u un aérostat dont le rayon est a. On remarquera que nous ne tenons aucun compte de la résistance de la nacelle sur laquelle l'appareil mécanique serait porté.

D'un autre côté, la pesanteur spécifique du gaz hydrogène étant à fort peu près les 0,07 de celle de l'air atmosphérique, la force d'ascension d'un aérostat de rayon a, dans un air dont le mètre cube pèse $1^{k},25$, est exprimée par

$$\frac{4\pi}{3} a^{3} (1 - 0,07) 1^{k},25, \text{ ou } 4,87 . a^{3}.$$

La quantité d'action donnée par un homme travaillant à une manivelle pendant 8 heures par jour, est estimée moyennement à 6 kilogrammes élevés à un mètre dans une seconde. En admettant qu'il y a seulement $\frac{1}{6}$ de cette force perdu par l'effet des résistances de l'appareil, nous réduirons à $5 . n$ la quantité d'action donnée en une seconde par un nombre n d'hommes que l'on supposerait portés par l'aérostat. Nous évaluerons à 150^{k} le poids de chaque homme, et de la partie

de l'appareil correspondante. On aura ainsi les deux équations

$$5.n = 0{,}1328.a^2u^3,$$
$$150.n = 4{,}87.a^3,$$

d'où l'on déduit

$$u^3 = \frac{5}{150}\,\frac{4{,}87}{0{,}1328}\,a, \quad \text{ou} \quad u = (1{,}223.a)^{\frac{1}{3}},$$

pour l'expression de la vitesse qu'il sera possible d'imprimer à l'appareil dans un air parfaitement calme. Cette vitesse est d'autant plus grande que le rayon de l'aérostat est plus grand. Si l'on suppose $a = 5^m$, on trouve $u = 1^m{,}829$, et si l'on suppose $a = 10^m$, on trouve $u = 2^m{,}304$. Ainsi en adoptant à ce qu'il paraît des suppositions propres à donner un résultat plutôt au-dessus qu'au-dessous de la vérité, on trouve que la plus grande vitesse que des hommes puissent imprimer à un aérostat est 2^m par seconde environ, l'air étant supposé parfaitement calme. Réciproquement les hommes pourraient maintenir l'appareil contre la force d'un vent dont la vitesse ne dépasserait pas 2^m par seconde.

Un vent dont la vitesse ne surpasse point 2^m par seconde est assez faible, puisque c'est à peu près à ce terme que les moulins à vent ordinaires commencent à travailler. On peut juger par là que, dans l'état le plus ordinaire de l'atmosphère, il serait impossible de se rendre maître d'un appareil du genre de ceux dont il s'agit, et d'empêcher qu'il ne fût emporté par les mouvements de l'air. C'est ce dont on sera convaincu en remarquant que la force dont il faudrait disposer est proportionnelle au cube de la vitesse désignée par u, en sorte qu'elle augmente très-rapidement avec la vitesse du vent auquel on voudrait résister.

On ne peut espérer d'ailleurs d'obtenir des effets plus avantageux en substituant la force de la vapeur à celle de l'homme. En effet, il paraît que dans les appareils qui s'exécutent aujourd'hui, le poids des machines ne peut pas être estimé à moins de $75o^k$ par force de cheval, estimée de 75^k élevés à un mètre dans une seconde; ce qui revient à $6o^k$ pour une force de 6^k élevés à un mètre, correspondante à l'action d'un homme. On doit ajouter ensuite le poids du charbon et de l'eau, dont il faudrait faire provision, celui du ballon, de la nacelle, et de l'appareil même que la machine ferait marcher, et enfin le poids des hommes qu'il faudrait embarquer: on retrouverait ainsi une charge au moins égale à celle qui a été supposée ci-dessus. Il en serait de même si l'on voulait substituer à l'action de la vapeur celle d'une certaine quantité d'air atmosphérique qui aurait été très-fortement comprimé dans un réservoir. De tous les agents mécaniques que nous pouvons employer pour produire un travail continu, l'homme paraît être encore celui qui, à poids égal, donne la plus grande force. Nous conclurons d'après cela que l'idée d'une navigation aérienne doit en général être aujourd'hui considérée comme chimérique, et que la possibilité d'une telle navigation est subordonnée à la découverte d'un nouveau moteur dont l'action comporterait des appareils beaucoup moins pesants que ceux des moteurs dont nous disposons actuellement.

VIII.

Nous terminerons cette note en exposant les formules au moyen desquelles on pourrait évaluer approximativement la quantité d'action qui est dépensée dans la natation des pois-

sons. Pour nous former l'idée de cette opération nous admettons que le poisson voulant avancer dans la direction de l'axe de son corps, meut sa queue alternativement à droite et à gauche de cet axe. Pendant que la queue s'approche de l'axe, l'effort qu'elle exerce sur l'eau est dans le sens convenable pour faire avancer l'animal, tandis que pendant que la queue s'éloigne de l'axe l'effort qu'elle exerce sur l'eau tend à le faire reculer. Mais le premier mouvement s'opérant avec une vitesse beaucoup plus grande que le second, les deux actions sont inégales, et l'excès de la première sur la seconde compense la résistance que l'eau oppose au mouvement du corps.

Nous désignerons ici par

ω l'aire de la section transversale du corps du poisson;

Ω l'aire de la nageoire et de la portion de la queue qui frappe l'eau lorsque cette nageoire s'approche de l'axe;

Ω' la même aire lorsque la nageoire s'éloigne de l'axe;

u la vitesse du corps du poisson;

U la vitesse avec laquelle la queue et sa nageoire frappent l'eau lorsqu'elles s'approchent de l'axe, cette vitesse étant estimée perpendiculairement à l'aire Ω, et rapportée au centre de cette aire;

U′ la même vitesse lorsque la nageoire s'éloigne de l'axe;

t le temps compté à partir du moment où la queue commence à s'approcher de l'axe;

τ, τ' les durées respectives des temps que la queue emploie pour s'approcher de l'axe et pour s'en éloigner;

φ l'angle variable que le plan des aires Ω ou Ω' forme avec le plan vertical passant par l'axe du poisson;

Φ la valeur maximum de l'angle φ;

P le poids du poisson;

Π le poids de l'unité de volume de l'eau;

g la vitesse imprimée par la gravité aux corps pesants dans l'unité de temps;

k, K et K′ les coefficients par lesquels il faut multiplier respectivement les aires ω, Ω et Ω', les hauteurs dues aux vitesses relatives, et le poids de l'unité de volume du fluide, pour avoir les résistances correspondantes.

La résistance que l'eau oppose au mouvement du corps du poisson sera exprimée par $\Pi k\omega\frac{u^2}{2g}$. La vitesse relative avec laquelle la queue frappe l'eau est $U-u\sin.\varphi$; l'effort qui en résulte est $\Pi K\Omega\frac{(U-u\sin.\varphi)^2}{2g}$, et cet effort donne dans le sens de l'axe du corps la composante $\Pi K\Omega\frac{(U-u\sin.\varphi)^2}{2g}\sin.\varphi$. Par conséquent pendant que la queue s'approche de l'axe du corps l'équation qui règle le mouvement du poisson dans le sens de cet axe est

$$\frac{P}{g}\frac{du}{dt}=\Pi K\Omega\frac{(U-u\sin.\varphi)^2}{2g}\sin.\varphi-\Pi k\omega\frac{u^2}{2g}.$$

ou

$$(40)\qquad 2P\frac{du}{dt}=\Pi K\Omega(U-u\sin.\varphi)^2\sin.\varphi-\Pi k\omega u^2.$$

Nous désignerons, comme dans l'article I, par u_0 et u_1 les valeurs de u qui ont lieu à l'instant où la queue commence à s'approcher de l'axe, et à l'instant où elle parvient dans l'axe, et nous regarderons u comme constamment égale à u_0 dans le second membre de cette équation. La vitesse U sera supposée constante, et le mouvement de la queue tel que $\sin.\varphi$ varie pendant ce mouvement proportionnellement

au temps, ce qui permettra de poser $\sin.\varphi = \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)\sin.\Phi$.

Cette hypothèse, propre à simplifier les calculs, doit s'éloigner fort peu de la vérité, et paraît s'en approcher davantage que celle qui consisterait à supposer que l'angle φ varie proportionnellement au temps. En mettant cette valeur de $\sin.\varphi$ dans l'équation précédente, écrivant dans le second membre u_o au lieu de u, et intégrant, il viendra

$$(41)\quad \frac{2P}{\Pi}(u_1 - u_o) = \tau\left[K\Omega\left(\tfrac{1}{2}U^3 - 2U u_o \cdot \tfrac{1}{3}\sin.\Phi + u_o^2 \cdot \tfrac{1}{4}\sin.^2\Phi\right)\sin.\Phi - k\omega u_o^2\right].$$

Pendant que la queue s'éloigne de l'axe l'équation qui règle le mouvement du poisson dans le sens de cet axe est

$$(42)\qquad 2P\frac{du}{dt} = -\Pi K'\Omega'(U' + u\sin.\varphi)^2\sin.\varphi - \Pi k\omega u^2.$$

Appelant u_1 et u_2 les vitesses qui ont lieu respectivement au commencement et à la fin de ce mouvement, supposant $\sin.\varphi = \frac{t}{\tau'}\sin.\Phi$, écrivant dans le second membre u_1 au lieu de u, et intégrant, il viendra de même

$$(43)\quad \frac{2P}{\Pi}(u_2 - u_1) = -\tau'\left[K'\Omega'\left(\tfrac{1}{2}U'^2 + 2U' u_1 \cdot \tfrac{1}{3}\sin.\Phi + u_1^2 \cdot \tfrac{1}{4}\sin.^2\Phi\right)\sin.\Phi + k\omega . u_1^2\right].$$

Comme la queue parcourt d'ailleurs les mêmes espaces, soit en s'approchant, soit en s'éloignant de l'axe, nous avons encore ici la relation

$$(44)\qquad U\tau = U'\tau'.$$

Si le mouvement du poisson est uniforme, on doit avoir $u_2 = u_o$. Il n'y aura d'ailleurs pas d'erreur sensible à supposer $u_1 = u_o$. En adoptant ces suppositions, et ajoutant les équa-

tions (41) et (43), on trouvera l'équation de condition

$$(45)\quad 0=\tau\left[K\Omega\left(\tfrac{1}{3}U^3-2Uu_0.\tfrac{1}{3}\sin.\Phi+u_0^2.\tfrac{1}{4}\sin.^2\Phi\right)\sin.\Phi-k\omega.u_0^2\right]$$
$$-\tau'\left[K'\Omega'\left(\tfrac{1}{3}U'^3+2U'u_0.\tfrac{1}{3}\sin.\Phi+u_0^2.\tfrac{1}{4}\sin.^2\Phi\right)\sin.\Phi+k\omega.u_0^2\right].$$

Faisant pour abréger $\tau'=p\tau$, $K'\Omega'=q.K\Omega$, et ayant égard à la relation (44), l'équation (45) résolue par rapport à U donnera

$$(46)\quad U=u_0\sin.\Phi\left[\frac{2}{3}\frac{p+pq}{p-q}+\sqrt{\left(\frac{2}{3}\frac{p+pq}{p-q}\right)^2-\frac{1}{2}\frac{p-p^2q}{p-q}+\frac{2}{\sin.^3\Phi}\frac{p+p^2}{p-q}\frac{k\omega}{K\Omega}}\right].$$

On verra facilement d'ailleurs que la somme des quantités d'action dépensées pendant que la queue s'approche de l'axe et pendant qu'elle s'en éloigne est exprimée par

$$\frac{\Pi K\Omega}{2g}\int_0^{\tau}dt.U(U-u_0\sin.\varphi)^2+\frac{\Pi K'\Omega'}{2g}\int_0^{\tau'}dt.U'(U'+u_1\sin.\varphi)^2.$$

Supposant comme ci-dessus dans la première intégrale $\sin.\varphi=\left(1-\frac{t}{\tau}\right)\sin.\Phi$, et dans la seconde $\sin.\varphi=\frac{t}{\tau}\sin.\Phi$, cette expression devient

$$\frac{\Pi K\Omega U\tau}{2g}\left(U^2-2Uu_0\tfrac{1}{2}\sin.\Phi+u_0^2.\tfrac{1}{3}\sin.^2\Phi\right)$$
$$+\frac{\Pi K'\Omega'U'\tau'}{2g}\left(U'^2+2U'u_1.\tfrac{1}{2}\sin.\Phi+u_1^2.\tfrac{1}{3}\sin.\Phi\right).$$

Par conséquent faisant $u_1=u_0$, et ayant égard à la relation (44), on aura pour l'expression de la quantité d'action dépensée dans l'unité de temps

$$(47)\quad \frac{\Pi K\Omega U}{2g(1+p)}\left[U^2\left(1+\frac{q}{p^2}\right)-2Uu_0\left(1-\frac{q}{p}\right)\tfrac{1}{2}\sin.\Phi+u_0^2(1+q)\tfrac{1}{3}\sin.^2\Phi\right],$$

formule dans laquelle il faut mettre pour U la valeur donnée par l'expression (46).

Les formules (46) et (47) sont analogues aux formules (32) et (33), art. V. L'application de ces formules prouvera d'ailleurs que, à poids égal de l'animal, la quantité d'action dépensée par les poissons pour opérer leurs mouvements est beaucoup plus grande que celle qui est dépensée par les oiseaux. La natation n'est pas interdite à l'homme comme l'est le vol, parce que l'eau supporte la plus grande partie du poids de son corps : mais il ne peut imprimer à son corps qu'une vitesse très-petite, et bien inférieure à celle que prennent facilement les animaux qui sont organisés pour vivre et se mouvoir dans ce fluide.

Paris, 6 septembre 1830.

Signé NAVIER.

HISTOIRE

DE

L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT DE FRANCE.

ANALYSE

Des Travaux de l'Académie royale des Sciences, pendant l'année 1828 (1).

PARTIE PHYSIQUE.

Par M. le Baron CUVIER, Secrétaire Perpétuel.

MÉTÉOROLOGIE.

M. Moreau de Jonnès a continué de communiquer à l'Académie la notice des phénomènes géologiques et météorologiques observés aux Antilles, et a donné la date précise des

(1) Ces Analyses contiennent l'extrait des mémoires lus et des ouvrages publiés par MM. les académiciens, ainsi que de leurs rapports faits pendant l'année sur les mémoires présentés à l'Académie par des savants qui n'en sont point membres.

tremblements de terre qui ont eu lieu, en 1828, dans cet archipel. On en a ressenti deux pendant le mois de mars, l'un le 6, à 2 heures 30′ du matin; l'autre le 29, à 4 heures 30′ du matin. Ils n'ont consisté chacun qu'en une seule secousse lente et prolongée; mais c'était pour la douzième fois, dans l'espace de huit mois, que ces phénomènes se renouvelaient.

Il y a ceci de remarquable, dans le tremblement du 29 mars, qu'il coïncide d'époque, avec celui qui est arrivé au Pérou, vingt-trois heures plus tard, le 30 mars à 7 heures 32′ du matin. Des lettres de Lima ont fait connaître les désastres causés, dans cette ville, par la commotion longue et violente du sol, au moment qu'on vient d'indiquer. Les principaux édifices ont été renversés, et une partie des habitants écrasés sous les débris de leurs maisons. Suivant plusieurs récits, la secousse a duré 35 secondes, et selon d'autres jusqu'à 45. Le lendemain 31 mars, à minuit 49′, on a éprouvé un second tremblement de terre. On croyait au Pérou, de même qu'à la Martinique, lors de ces événements, que les commotions avaient eu lieu de l'est à l'ouest. En effet, les Antilles les ont éprouvées plus tôt, et il semble s'être écoulé un jour presque entier avant qu'elles aient pu se propager à travers la mer Atlantique et le massif du continent américain, jusqu'au-delà de la grande chaîne des Cordillières.

CHIMIE ET ARTS CHIMIQUES.

On sait par les belles expériences de M. Gay-Lussac, que l'acide autrefois nommé *prussique*, parce que, combiné avec le fer, il produit le bleu de Prusse, est un *hydracide* ou un acide sans oxygène, résultant de l'union de l'hydrogène avec

de l'azote carboné, substance que M. Gay-Lussac nomme *cyanogène;* en conséquence, cet acide a reçu le nom d'*hydrocyanique*, et ses combinaisons avec des oxides ou des alcalis ceux d'*hydrocyanates;* il y a même de ces combinaisons où l'acide se complique encore; et le bleu de Prusse, par exemple, lorsque l'on veut complètement exprimer sa nature, est un *hydro-ferro-cyanate de péroxide de fer.*

Mais on pouvait concevoir aussi que le cyanogène en se combinant avec l'oxygène, produirait des acides ordinaires, ou ce que maintenant on appelle *oxacides,* par opposition aux hydracides où c'est l'hydrogène qui remplace l'oxygène.

Plusieurs chimistes s'en sont occupés. M. Wöhler de Heidelberg a même formé un composé d'un atome d'oxygène et d'un atome de cyanogène, qui a cette propriété bien remarquable qu'en s'unissant avec l'ammoniaque il donne l'*urée,* l'un des composants principaux de l'urine de l'homme.

M. Sérullas a travaillé sur le même sujet, et il a obtenu un oxacide de cyanogène fort différent de celui de M. Wöhler, et qui, contenant le double d'oxygène, mérite mieux le nom d'*acide cyanique.* L'année dernière, en faisant réagir dans l'obscurité le chlore sur le cyanure de mercure, ce chimiste avait produit une combinaison du chlore et du cyanogène, qu'il nomme *chlorure de cyanogène.* En substituant de l'acide hydrochlorique au cyanure de mercure, il observa qu'il se produisait un composé solide, que l'analyse lui a montré être formé de deux atomes de chlore contre un de cyanogène, et qu'il nomme en conséquence *perchlorure de cyanogène.* C'est un composé blanc cristallisable, qui se fond à 140°, se vaporise à 190, se dissout bien dans l'éther et dans l'alcool, et est très-délétère. En faisant bouillir ce perchlorure dans beaucoup

d'eau, l'hydrogène de l'eau se porte sur le chlore pour former de l'acide hydrochlorique, et son oxigène sur le cyanogène pour former l'acide, qui contient deux atomes d'oxygène et un de cyanogène. Pour l'avoir pur, on concentre la liqueur, et on la débarrasse, par l'évaporation, de son fluide hydrochlorique; l'acide cyanique cristallise lors du refroidissement, et on le purifie par plusieurs dissolutions et cristallisations successives. La forme de ses cristaux est le rhombe; sa saveur est faible, mais il rougit fortement la teinture de tournesol; il lui faut plus de chaleur qu'au mercure pour le volatiliser; les acides nitrique et sulfurique concentrés ne l'attaquent point; les sels qu'il forme avec les bases salifiables cristallisent et ne détonent pas; enfin sa combinaison avec l'ammoniaque est absolument distincte de l'urée.

Le bleu de Prusse, substance non moins belle que l'indigo, mais qui a l'avantage d'être à bien meilleur prix et d'être préparée avec des substances indigènes, n'a été employé avec succès à la teinture que par feu M. Raymond, et encore n'est-il parvenu à l'appliquer qu'à la soie, au fil et au coton (c'est ce que l'on nomme dans le commerce le bleu Raymond); mais la laine avait résisté à toutes ses tentatives. Le fils de ce chimiste vient, après de longs et pénibles essais, de réussir dans ce qui avait échappé à son père, et les draps teints en bleu de Prusse qu'il a présentés au public lors de la dernière exposition de l'industrie, ont obtenu tous les suffrages. On sait que le bleu de Prusse est un sel métallique résultant de la combinaison d'un acide particulier appelé *prussique* et aujourd'hui *hydrocyanique* avec le péroxide de

fer. Pour teindre avec cette couleur, on commence par combiner la matière que l'on veut teindre avec du vitriol vert, ou persulfate de fer; on la plonge dans une dissolution d'hydrocyanate de potasse : la même double décomposition qui a lieu dans la fabrication ordinaire du bleu de Prusse, s'opère ici, et ce bleu demeure adhérent à l'étoffe. Ce qui rend cette opération difficile sur la laine, c'est que, mise à froid dans le persulfate, elle n'attire qu'une petite quantité d'oxide, et qu'à chaud, pour que la dissolution ne se trouble pas, on est obligé d'y tenir un excès d'acide qui donne à la laine une rudesse fâcheuse.

M. Raymond, après avoir essayé de traiter la laine par la gélatine, par le chlore, imagina d'employer l'acide du tartre, et à cet effet il prépara une dissolution de péroxide de fer par les acides sulfurique et tartrique, dans laquelle le premier fut à peu près neutralisé par l'oxide, le second restant en excès. La laine préparée à chaud par cette composition est plongée ensuite dans la dissolution ordinaire ou hydrocyanate de potasse, mais dans cette opération l'hydrocyanate ne se décompose qu'en partie. Il ne se forme dans cette première opération qu'une petite quantité de bleu, et il reste sur la laine beaucoup d'oxide non saturé qui donne à l'étoffe une teinte verdâtre. On doit ajouter de l'acide sulfurique, qui, dissolvant la potasse, laisse l'acide hydrocyanique libre, et c'est alors seulement que se combinant avec l'oxide, il donne le résultat que l'on en attendait. On avive enfin avec de l'eau froide contenant un 300^{me} d'ammoniaque liquide, qui fait prendre à la couleur un œil rougeâtre un peu violet. La dépense de ce procédé est moitié moindre qu'avec l'indigo : les teintes qui en résultent ont plus d'éclat. Quant à la solidité,

chacune de ces couleurs a ses avantages et ses inconvénients. Le chlore, l'acide nitrique qui détruisent le bleu d'indigo, n'altèrent pas ou n'altèrent que très-peu le bleu de Prusse; au contraire, les liqueurs alcalines, l'eau de savon bouillant, décomposent le bleu de Prusse et n'ont pas d'action sur l'indigo; mais ce qui paraît certain, c'est que la laine teinte au bleu de Prusse résiste à l'eau froide, au frottement, et à l'action de l'air et du soleil.

M. Raymond a fait connaître les procédés, non seulement en gros et dans leur théorie chimique, mais avec le détail des doses, et avec tous les soins et les précautions qui constituent proprement l'art, et sans l'observation exacte desquelles toute théorie générale resterait inapplicable.

Depuis que la chimie a découvert un assez grand nombre d'alcalis végétaux composés, tels que la quinine, la morphine, la strychnine, etc., alcalis dont les uns sont des remèdes utiles et les autres des poisons plus ou moins violents, il devient important de trouver des moyens de reconnaître leur présence, ou, en d'autres termes, des réactifs qui leur soient propres. Un jeune chimiste, M. Douné, a essayé de les mettre en contact avec la vapeur de l'iode et du brome, et remarquant qu'ils prennent alors des teintes différentes, il a cru que l'on pourrait par là les distinguer aussi facilement que l'on distingue les substances minérales par les réactifs ordinaires; mais les nuances des couleurs qu'ils prennent n'ont paru aux commissaires de l'Académie ni assez tranchées, ni assez fixes, pour qu'on puisse y avoir une entière confiance. Ce sont des jaunes plus ou moins orangés, plus

ou moins roux ou bruns; des gris plus ou moins verdâtres, etc. En matière si grave, surtout lorsqu'il s'agit de faire un rapport en justice, comme cela peut être demandé à chaque instant, le chimiste ne doit s'en rapporter qu'à des expériences dont le témoignage est irrécusable, et c'est malheureusement ce que l'on n'a point encore obtenu pour les substances organiques ou produites par l'organisation. Leur composition est trop semblable, leurs différences tiennent, autant du moins que nous les connaissons, à des variations si légères dans leurs principes, on ne connaît que si imparfaitement l'action qu'exercent sur elles les agents auxquels on les soumet, que le nombre des cas où l'on peut prononcer, d'après cette action, avec quelque certitude, est infiniment petit.

M. Chevreul, qui a si fort approfondi la nature de toutes les matières grasses, ne pouvait négliger celle que contient la laine, et dont la connaissance peut être si importante pour la teinture.

En soumettant de la laine de mérinos, traitée dans l'eau distillée à la température de 20 à 40 degrés, à l'action de l'alcool et de l'éther, il en a obtenu un cinquième en poids de matière grasse, d'une espèce différente de celles qu'il a décrites dans ses précédents mémoires.

Elle se divise en deux parties, dont l'une est plus fusible, et devient filante à 15 degrés comme une résine molle; l'autre est à 10 degrés comme la cire ordinaire; toutes deux forment des émulsions avec l'eau et avec la potasse, mais ne paraissent pas se saponifier.

La laine qui a perdu sa matière grasse par les procédés que nous venons d'indiquer, se teint beaucoup plus difficilement que celle qui a été simplement passée au sous-carbonate de soude; mais elle reprend sa disposition à absorber la couleur, en lui faisant subir ce dernier traitement; ce qui fait penser à M. Chevreul que l'effet de l'alcali n'est pas seulement de la dégraisser.

Une observation remarquable de l'auteur, c'est que l'alcool et l'éther, qui enlèvent à la laine sa matière grasse, lui laissent son soufre, quoique d'ailleurs ce soufre l'abandonne aisément dans d'autres opérations.

Le salpêtre, ce sel auquel l'invention de la poudre à canon a donné une si grande importance, se compose, comme on sait, de potasse et d'acide nitrique, qui lui-même est une combinaison d'un peu plus d'un quart d'azote et de près de $\frac{3}{4}$ d'oxygène; or, l'azote et l'oxygène sont les deux éléments de l'atmosphère; elle contient $\frac{3}{4}$ du premier et $\frac{1}{4}$ du second; par le moyen de l'étincelle électrique, il est aisé d'unir plus intimement ces deux principes dans la proportion inverse, et d'en former de l'acide; on voit même qu'il s'en forme naturellement par cette voie, car l'eau des pluies d'orage en est souvent imprégnée. Quelques auteurs soutiennent même que l'acide nitrique peut naître de la combinaison spontanée de ses éléments, tels qu'ils se trouvent dans l'atmosphère, lorsqu'ils rencontrent dans des circonstances favorables une base soit calcaire, soit alcaline, à laquelle ils puissent s'unir, et dont l'affinité pour l'acide qu'ils doivent former, en provoque la formation. Mais cette opinion est encore fort con-

testée, et il est certain que, dans la plupart des circonstances, la présence d'une base et celle de l'azote et de l'oxygène de l'atmosphère ont besoin d'être aidées par l'intervention de substances animales contenant de l'azote. Cependant cette opinion avait été soutenue par M. de Longchamps, qui avait proposé en conséquence, au ministère de la guerre, d'établir sur ce principe des nitrières artificielles. Outre divers raisonnements théoriques, il s'appuyait sur ce que des craies, des pierres calcaires tendres, dans lesquelles on ne soupçonnait pas la présence de matières animales, se sont trouvées contenir des sels nitreux; sur ce que le nitre naît en quelque sorte spontanément à la surface de la terre, dans l'Inde et dans certaines contrées du midi de l'Europe. Il étend même cette conclusion à la potasse, et reproduit l'opinion déja avancée plus d'une fois, que cet alcali est créé par la végétation, et non pas extrait par elle de la terre, des eaux ou de l'atmosphère.

Les commissaires de l'Académie n'ont point pensé que les faits allégués par ce chimiste fussent concluants. La terre des champs contient toujours des matières organiques en décomposition, et jusqu'à plusieurs pieds de profondeur; elle est souvent parcourue par les bestiaux, qui y laissent leurs déjections; presque toutes les couches calcaires et crayeuses, remplies de coquilles et de madrépores, contiennent encore des substances animales en mélange; la craie donne de l'ammoniaque à la distillation; partout où l'on prépare du blanc d'Espagne, les eaux de lavage deviennent infectes; tous les calcaires de nos environs, traités par l'acide hydrochlorique, laissent une gelée animale. Quant à la potasse, on lui connaît aussi des sources assez abondantes pour n'être pas obligé

d'admettre sa formation de toutes pièces par les végétaux, encore moins indépendamment de la végétation. Enfin, comme en pareille matière les raisonnements ne peuvent prévaloir contre des faits, ce ne serait que par des expériences rigoureuses, faites avec des terres parfaitement dépouillées de toute matière azotée, que l'on n'arroserait qu'avec de l'eau pure, que l'on n'exposerait qu'à l'air atmosphérique pur, qu'il serait possible d'établir cette formation directe de l'acide nitrique par les deux éléments de l'atmosphère; mais c'est ce qui n'a encore été fait par personne.

MM. Chevalier et Lenglumé ont apporté deux perfectionnements importants à l'art de la lithographie, en composant une liqueur propre à aciduler d'une manière plus avantageuse la pierre déja couverte de dessins, et une autre qui enlève facilement les dessins usés ou ceux que l'on veut corriger. On sait que cet art consiste à dessiner, au moyen d'une composition qui ne prend pas l'eau, sur une pierre qui s'en imprègne dans les parties où il n'y a pas de dessin, et qui en conséquence ne laisse adhérer l'encre grasse d'impression que sur les parties dessinées. L'acidulation a pour objet de rendre la surface de la pierre plus propre à absorber et à retenir l'eau, et d'enlever aux parties dessinées ce qu'elles peuvent contenir d'alcali, afin qu'au contraire l'eau ne puisse s'y attacher. De sa perfection dépend la beauté de l'impression: quand la liqueur est trop faible, la pierre s'empâte; et quand elle est trop forte, les demi-teintes s'altèrent. Voici la recette nouvelle: on sature trois livres d'acide hydrochlorique par une quantité suffisante de marbre blanc; on filtre la

dissolution, on y ajoute trois livres d'eau, on fait dissoudre douze onces de gomme arabique dans le mélange, et on le complète moyennant trois onces d'acide hydrochlorique, dont on peut augmenter la dose quand on désire plus d'activité. L'effet de cette liqueur est plus sûr, sa répartition à la surface de la pierre est plus uniforme, et elle a en outre l'avantage de conserver plus long-temps l'humidité de la pierre.

Quant à la liqueur propre à enlever le dessin, c'est tout simplement de la potasse rendue caustique par la chaux, et dissoute dans seize parties d'eau. On lave la pierre, et on la laisse pendant quatre heures couverte de cette dissolution; de nouveaux lavages et de nouvelles applications se font, s'il est nécessaire. Si l'on ne veut effacer que quelque endroit du dessin, on n'applique la dissolution qu'à cet endroit seulement, avec un morceau de bois effilé, ou par tels autres procédés qu'il est aisé d'imaginer.

On évite ainsi la nécessité d'user la pierre avec du grès, moyen qui, outre sa longueur, a aussi ses dangers lorsqu'il ne s'agit que d'un effaçage partiel.

M. Héron de Villefosse qui, l'année dernière, avait présenté un mémoire important sur la fabrication du fer en France, s'est occupé cette année de celle de tous les métaux.

La quantité totale de cette production, qui, en 1822, n'avait été que de 908,287 quintaux métriques, est montée, en 1826, à 1,606,127 quintaux, valant 79,989,860 fr.; mais sur cette valeur, la fonte, le fer et l'acier entrent à eux seuls pour

78,821,572 fr., ce qui réduit, comme on voit, à assez peu de chose la valeur des autres substances métalliques.

Les hauts-fourneaux ont été portés, en 1826, à 424, au lieu de 379. En 1828, le nombre des ouvriers employés aux usines à fer s'est monté à 90,000, et leur salaire à 21,000,000.

L'auteur évalue aussi les produits non métalliques des mines et minières. Dans trente-deux départements on a extrait 15,310,687 quintaux métriques de houilles, dont le prix moyen sur les mines est d'un franc le quintal. Le lignite a donné 98,414 quintaux; le vitriol vert, ou sulfate de fer, 25,941 quintaux; l'alun, ou sulfate d'alumine, 21,118 quintaux. L'extraction du sel gemme a été, en 1827, de 110,000 quintaux, et on l'a réglée, pour l'année 1828, à 150,000 quintaux dans la mine de Dieuze, qui a remplacé celle de Vic. Au total, la valeur des produits souterrains s'est montée à 96,751,274 fr.

Nous sommes loin cependant de suffire à tous nos besoins. Les mines de France n'ont fourni, en 1826, que 6,452 quintaux de plomb, et l'on en a importé 94,990 quintaux. Cette grande importation tient à un redoublement d'activité dans les ateliers. On y a employé 38,073 quintaux métriques de plomb en 1826 de plus qu'en 1822.

Il en est de même du cuivre. En 1826, le produit de nos mines n'a été que de 1,640 quintaux, l'importation de 43,826 quintaux; l'accroissement de consommation, ou plutôt d'emploi, de 3,887 quintaux.

Le zinc nous vient encore entièrement de l'étranger; quoique nous en possédions des mines, on ne les exploite pas utilement. Son importation, qui n'a été, en 1822, que de 6,973 quintaux métriques, s'est montée, en 1826, à 17,313

quintaux, ce qui tient à un plus grand emploi du zinc laminé, et à ce que l'on emploie ce métal en régule, de préférence à la calamine, pour la composition du laiton.

Il se fabrique annuellement en France 11,000 quintaux de laiton, et 9,829 quintaux de bronze.

L'étain est dans le même cas que le zinc. Il ne nous est fourni que par l'étranger, et l'on en a consommé en 1826 10,974 quintaux : 3,808 de plus qu'en 1822, ce qui provient d'une plus grande activité des fabriques de fer-blanc, de glaces, de faïences, et d'une plus grande production de bronze.

La consommation du mercure, qui est aussi un produit étranger, a été portée dans le même intervalle de 601 quintaux à 842, surtout à cause de l'augmentation dans l'affinage des matières d'or, d'argent et de cuivre. A Paris seul on affine, année moyenne, 360 quintaux métriques d'or, 1,300 quintaux d'argent, 500 quintaux de cuivre. La valeur des produits est de 130,901,141 fr.

Nous ne parlerons pas de l'antimoine, du bismuth, de l'arsenic, du manganèse et du cobalt, dont M. Héron de Villefosse donne aussi les détails, mais qui ont moins d'importance.

Il a été présenté à l'Académie quelques produits chimiques dans lesquels on avait cru voir des cristaux de pur carbone, ou, pour parler comme le vulgaire, de vrais diamants artificiels. Bien que d'une extrême petitesse, ces cristaux n'en auraient pas moins été pour la science une nouveauté fort intéressante, et il n'aurait pas été impossible d'en tirer parti, ne fût-ce que comme poudre de diamant, et pour polir les

diamants ordinaires, qui, étant les plus durs de tous les minéraux, ne cèdent qu'à l'action de leur propre substance. L'un de ces produits, présenté par M. Caignard Latour, offrait des grains cristallisés assez brillants mêlés à une poudre brune; mais, d'après l'examen que ce physicien en a fait, de concert avec MM. Thénard et Dumas, les cristaux se sont trouvés, à l'expérience, des composés de silice et d'autres terres; et la poudre brune, qui rayait réellement le verre mais non le diamant, ne contenait que moitié à peu près de son poids de carbone; le reste était formé d'alumine et d'oxide de fer, avec des traces de silice et d'oxide de manganèse, composition qui se rapproche assez de celle de l'émeri.

MM. Thénard et Dumas regardent cette poudre brune comme formée de charbon divisé, enveloppé d'une pâte de scorie ferrugineuse. Une autre poudre donnée aussi comme cristallisation du carbone n'a point encore été examinée.

Depuis que la chimie, au moyen des lois des proportions définies dans les combinaisons, est parvenue à déterminer le nombre et le poids relatif des atomes de nature diverse dont chaque corps chimique est composé; depuis que les terres que l'on croyait simples se sont trouvées des oxides métalliques, et que la silice a été reconnue comme jouant dans les pierres où elle domine le rôle d'un véritable acide; enfin, depuis qu'il a été possible de distribuer tous les corps d'après la manière dont ils se comportent à l'égard de la pile galvanique, l'analyse chimique des minéraux a pris une marche nouvelle, et une rigueur que les chimistes d'il y a trente ans auraient à peine osé prévoir: et toutefois il reste encore

des minéraux, et surtout des pierres siliceuses, que jusqu'à présent l'on n'avait cru pouvoir ramener aux règles qu'en supposant que telle ou telle de leurs parties, notamment la silice, outre la portion qui y entre en proportion conforme à ces règles, s'y trouve aussi en quantité surabondante et comme en mélange accidentel plutôt qu'en véritable combinaison; et les antagonistes de la théorie des proportions définies ne se croyant pas obligés d'admettre une pareille supposition, tiraient de ces faits des objections très-graves contre cette théorie.

M. Beudant s'est livré à de longues recherches pour éclaircir ce genre de phénomènes, et, dans cette vue, il s'est d'abord appliqué à l'étude des sels proprement dits, qu'il lui était plus facile de composer et de décomposer, selon les besoins de ses expériences. Il y a constamment reconnu, dans quelque proportion qu'il en ait rapproché les éléments, que l'acide ou que la base ait été en surabondance, une fois qu'ils sont cristallisés, les mêmes proportions d'acide et de base, pourvu que l'on ait eu la précaution de les priver autant que possible des particules liquides qui se trouvent souvent logées entre les couches d'accroissement des cristaux. En opérant sur des sels dont les acides même sont cristallisables, l'acide excédant cristallise séparément du sel neutre, et il est plus aisé de faire mélanger dans la même cristallisation deux acides différents, que de faire mélanger un acide déterminé avec le sel dans lequel il entre comme partie constituante : résultats fort contraires, comme on le voit aisément, à la supposition dont nous avons parlé d'abord.

Cependant M. Beudant a voulu voir s'il n'en serait pas autrement pour la voie sèche, d'autant que, d'après les belles

expériences de M. Mitcherlich, il est probable que beaucoup de silicates se sont formés par cette voie plutôt que par la voie humide. Il a donc exposé à un feu convenable des mélanges en proportions définies, et d'autres où le corps qui jouait soit le rôle d'acide soit celui de base était surabondant; les premiers lui ont parfaitement réussi; les autres, au contraire, et surtout ceux où la silice surabondait, ne lui ont pas donné un atome du corps qu'il s'était proposé de former, mais à sa place il s'en était fait deux nettement séparés dans le creuset, entre lesquels les éléments se sont partagés de manière que dans chacun d'eux ils étaient en proportions définies. Mais ce qui n'a pas lieu pour un acide et son sel, a lieu pour deux sels; et M. Beudant s'est assuré que ceux de même acide, et surtout de la même formule atomique, se mélangent en toutes quantités, et que plus ils sont compliqués, plus aisément ils se mélangent, de sorte que les sels doubles, par exemple, même de nature tout-à-fait différente, ne peuvent être obtenus purs lorsqu'ils cristallisent avec d'autres dans la même solution. Enfin la facilité est plus grande encore lorsque les sels se forment dans une solution que lorsqu'on les y met tout formés, de façon que, par de doubles décompositions, l'on obtient des mélanges extrêmement variés, et même un grand nombre qu'on ne pourrait avoir autrement. Les cristaux ainsi mélangés prennent cependant la forme de l'un des sels composants, de celui dont le caractère est dominant; et d'après d'autres expériences du même auteur, dont nous avons rendu compte en 1820, ce sel dominant n'est pas toujours le plus abondant.

Ces faits lui ont paru jeter une vive lumière sur le sujet dont il s'occupe. En effet, quand un sel se mélange d'une

petite quantité d'un sel du même acide, mais d'un ordre plus élevé, c'est-à-dire, qui contient une plus grande proportion de cet acide, si l'on ne se doute pas de cette circonstance, on doit être, lors de l'analyse, tenté d'y voir une surabondance d'acide. La même chose peut avoir lieu par rapport à la base, quand ce sel mélangé est d'un ordre inférieur, ou qui contient plus de base.

Des expériences faites d'après cette idée la confirmèrent pleinement. En disposant les solutions de manière à ce que, par double décomposition ou autrement, il pût s'y former des sels solubles de même acide, mais de différents ordres, M. Beudant obtint, par exemple, des carbonates et des sulfates de soude, qui, avec la cristallisation, et les autres caractères extérieurs, propres au bicarbonate ou au trisulfate, montraient à l'analyse excès d'acide et manque d'eau; ce qui s'expliquait très-bien en comparant les compositions des sels constituants, et en faisant le calcul de la somme de leurs éléments. L'auteur est parvenu ainsi à calculer toutes les analyses des sels mélangés dans ses expériences, de manière à déterminer positivement les quantités relatives des divers sels réunis sous la même cristallisation, et sans avoir aucun excédant d'acide ni de base, ou, ce qui est la même chose, aucun reste électro-négatif ou électro-positif.

Dès lors, M. Beudant ne dut plus être étonné de ces variations apparentes observées dans les minéraux. Il comprit même qu'elles devaient se manifester plus souvent dans les pierres siliceuses ou silicates; d'un côté, parce que ce sont les sels naturels les plus nombreux; de l'autre, parce qu'ils offrent le plus de diversité dans les degrés de saturation par les diverses bases; enfin, parce que, d'après ce que nous montre

la géologie, ce sont les sels minéraux qui se sont trouvés le plus fréquemment dans la nécessité de cristalliser ensemble, et, par conséquent, dans les circonstances les plus propres à déterminer des mélanges extrêmement variés. Mais, pour leur appliquer sa méthode avec sûreté, il aurait fallu se faire quelque idée de ce qui pouvait avoir existé dans la solution où la substance avait cristallisé, et, par conséquent, de la sorte de mélange qui pouvait s'y trouver. A défaut de cette connaissance, et pour en approcher du moins autant qu'il lui serait possible, M. Beudant imagina de faire de nouvelles analyses, non plus d'une substance minérale prise isolément, mais de toutes les substances qu'il pouvait trouver réunies sur le même groupe. Il annonce avoir obtenu de ce travail des résultats assez positifs, pour se croire assuré que toutes les analyses connues se laisseraient aisément ramener aux lois établies, si l'on avait pour elles des données semblables à celles qu'il a employées pour les siennes; et les exemples nombreux qu'il donne de celles-ci, semblent en effet établir qu'il en est des substances minérales précisément comme des sels; et que toutes celles qui se sont trouvées dans la même solution, se sont mélangées les unes avec les autres au moment de la cristallisation, et plus ou moins, selon les circonstances qui l'ont accompagnée. On comprend toutefois que dans les cas compliqués, il s'agit toujours de résoudre des équations à plusieurs inconnues, c'est-à-dire que l'on a des problèmes indéterminés et susceptibles de plusieurs solutions, suivant les hypothèses que l'on est obligé de faire.

M. Beudant a présenté un autre mémoire où il fait remar-

quer que les minéraux les plus purs n'ont pas toujours une pesanteur spécifique aussi uniforme qu'on serait disposé à le croire, d'après l'importance de ce caractère. La chaux carbonatée, par exemple, varie entre 2,7 et 2,5; l'arragonite entre 2,9 et 2,7; etc. Leur état de cristallisation y influe d'une manière sensible. C'est toujours dans les petits cristaux que la pesanteur spécifique est la plus grande; dans les gros cristaux, elle diminue, probablement parce qu'ils ont dans leur intérieur des vides plus ou moins considérables, même lorsque la masse paraît avoir le plus d'homogénéité. Les variétés à structure lamellaire ou fibreuses sont plus légères, et d'autant plus que leurs lames sont plus grosses; enfin, c'est dans les variétés qui proviennent de décomposition, que la pesanteur spécifique est le plus diminuée. Mais ce qui est très-remarquable, c'est que dans chaque substance, la différence entre les deux extrêmes est sensiblement de même valeur; et ce qui prouve que les variations ne tiennent qu'aux vides du tissu, c'est que toutes les variétés d'une même substance reviennent à la même pesanteur spécifique, lorsqu'on les a réduites en poudre. C'est alors seulement que l'on peut faire d'une pesanteur spécifique un caractère comparable, et par conséquent d'une certaine importance en minéralogie.

GÉOLOGIE.

Les géologues anglais et français étudient avec soin depuis quelque temps nos côtes de la Manche, pour les comparer à celles de l'Angleterre qui leur sont opposées. Nous avons vu en 1822 le tableau que M. Constant Prévost a donné de celles de la basse Normandie. On poursuit ces recherches, et l'Aca-

démie a reçu de M. Roset une description géognostique de celles du bas Boulonnais, depuis Étaples jusqu'à Vissant. Déja, il y a quelques années, M. Fitton, savant géologiste anglais, après plusieurs années d'étude, avait prouvé que ce canton est exactement pareil, et pour la nature des couches, et pour leur position respective, au canton opposé de l'Angleterre. C'est cette proposition que M. Roset développe; mais son développement est plein d'intérêt par les détails nouveaux et nombreux qu'il renferme, et par les coupes et la carte dont il est accompagné. Le terrain oolithique, la craie et leurs dépendances composent principalement ce pays. Les couches y sont presque horizontales. Un petit système composé de marbres analogues à ceux de la Belgique et du terrain houiller, perce l'oolithe et la craie, et se montre en couches presque verticales que l'on exploite très-utilement. Des lambeaux d'un grès tertiaire couronnent les hauteurs crayeuses; et des alluvions de différents âges masquent, dans les parties basses, les diverses roches. Enfin, les sables de la mer prennent la forme de dunes qui s'avancent, mais avec une extrême lenteur, dans la direction des vents dominants.

Un gîte de manganèse situé à Romanèche, près de Mâcon, a attiré l'attention de plusieurs géologues. Dolomieu, qui l'avait visité en 1796, le regardait comme n'étant ni une couche, ni un filon, mais une sorte d'amas immédiatement superposé au granit; d'autres observateurs pensaient que c'était un filon puissant du granit. D'après des recherches nouvelles faites par M. de Bonnard, ce minéral affecterait l'un et l'autre gisement. La partie qui se montre dans le village même de Romanèche, et qui y est exploitée, forme des

amas alongés au-dessus du granit; mais au midi de ce village, et dans la même direction, on observe un véritable filon de manganèse, bien caractérisé, qui traverse le granit, et dont la composition est tout-à-fait semblable à celle des amas. Cette position paraît à M. de Bonnard favorable à l'opinion qui attribue certaines formations à des épanchements souterrains. L'auteur a aussi recherché de quelle formation géognostique ce manganèse dépend, et il lui paraît que c'est des terrains dits d'arkose. Il s'appuie, dans cette opinion, sur la structure de la roche sur laquelle repose immédiatement le manganèse, et qui est tantôt arénacée, tantôt porphyroïde, souvent mêlée de fragments de granit; sur la baryte qui est combinée avec le manganèse, et qui appartient naturellement à ce genre de terrain; sur le fait que l'arkose pénètre parfois en filons dans le granit, et contient souvent des minerais métalliques; enfin, sur cet autre fait que dans toute cette partie de la France, le granit est recouvert, ou par le terrain houiller, ou par le terrain d'arkose.

Dès 1824, l'auteur avait conjecturé que les dépôts de manganèse de la Dordogne devaient être dans une situation analogue, et c'est ce qui vient d'être vérifié par M. Dufresnoy, ingénieur des mines, qui s'occupe, avec son confrère M. Élie de Beaumont, et d'après les ordres de M. le directeur-général des mines, d'une carte géognostique de la France, que les naturalistes attendent avec une vive impatience.

Plusieurs cavernes où l'on n'avait point découvert d'ossements, se sont trouvées en contenir depuis que M. Buckland

a fait remarquer la position qu'ils occupent ordinairement, et la méthode que l'on doit suivre pour leur recherche.

L'année dernière nous avons parlé de celles d'Oselles, près de Besançon, et d'Échenoz, près de Vesoul.

M. Delanoue vient d'observer dans une grotte de Miremont, département de la Dordogne, un nouvel exemple de l'étonnante constance de ce phénomène. Cette grotte paraît creusée dans un terrain intermédiaire entre la craie et le calcaire jurassique. Ses galeries s'étendent à deux mille pas et au-delà, et se terminent par une multitude de ramifications étroites et basses, qui ont fourni le plus d'ossements. Une argile rouge les y enveloppe, et ce sont principalement des os et des dents d'ours. Des fouilles pratiquées à 200 et à 400 pas de l'ouverture, ont fait reconnaître au-dessous de diverses couches de marne, qui paraissent beaucoup plus récentes que l'argile rouge, des débris de poterie semblables à ceux qui se trouvent dans quelques ruines, et dans des couches d'alluvion du voisinage, et que l'on rapporte à une époque où les arts romains n'étaient pas encore introduits dans les Gaules.

Plus récemment, une de ces cavernes découverte à Bize, département de l'Aude, a été l'objet des recherches de M. Tournal, pharmacien à Narbonne. Elle est dans le terrain jurassique, et une partie de ses ossements sont enveloppés dans une concrétion pierreuse, et appartiennent, selon l'auteur, aux espèces aujourd'hui perdues, déja décrites dans ces sortes de cavernes; les autres sont dans un limon noir, et diffèrent entièrement des premiers. M. Tournal ajoute qu'il y a des ossements humains, et des débris de poteries; et cela, non seulement dans le limon noir, mais

dans les concrétions calcaires, où ils étaient mêlés avec des débris d'espèces perdues.

M. Destrem, ingénieur des ponts-et-chaussées, qui a examiné la même caverne, n'y a trouvé que des os de ruminants, principalement du genre du cerf, et quelques débris de lapins et d'oiseaux. Il assure que les ossements humains ne méritent aucune attention sérieuse; ils ne sont ni imprégnés d'argile, ni recouverts de la croûte ferrugineuse qui enveloppe les os vraiment fossiles. Enfin, M. Destrem les regarde comme déposés à des époques récentes dans ces cavernes, où l'on sait que plusieurs fois il s'est retiré des malfaiteurs.

Ces faits n'ont rien que d'ordinaire; on conçoit en effet, que depuis l'époque où les animaux, dont les restes forment le fonds principal de ces cavernes, ont été détruits, il a pu s'y en introduire beaucoup d'autres; et fussent-ils même encroûtés avec les premiers, il est naturel que la stalagmite qui s'y dépose journellement, les ait enveloppés pêle-mêle. M. Buckland a trouvé dans une caverne du comté de Glamorgan jusqu'à un squelette entier de femme, avec des aiguilles d'os, ce qui montre qu'elle y reposait depuis bien long-temps; nous-même, nous avons reconnu dans les brèches osseuses qui remplissent quelques fentes du rocher de Nice, un maxillaire supérieur humain déja enduit d'une couche mince de stalagmite.

MM. Marcel Deserre, Dubrueil, et Jean-Jean, professeurs de Montpellier, ont commencé à publier la description des cavernes de Lunel-Vieil, devenues célèbres depuis quelque temps par l'abondance et la variété des os qu'elles recèlent.

Il y en a trois, donnant toutes dans un même jardin, et pénétrant dans une même colline, formée d'un calcaire marin tertiaire, plus récent que le calcaire grossier de Paris, et dont les couches sont beaucoup plus puissantes dans le midi de la France que dans nos environs. C'est dans un limon rempli de cailloux roulés que les ossements s'y trouvent. Ils y sont mêlés sans distinction d'espèces, et sans rapport avec leur place dans le squelette. Un plastron de tortue reposait sur un humérus de rhinocéros; et des métacarpiens d'hyène remplissaient le creux d'un canon de grand ruminant. Ils n'ont point été roulés, mais brisés par des chocs violents; et des fissures nombreuses de leur surface, font croire aux auteurs qu'ils étaient depuis long-temps dépouillés de chair lorsqu'ils ont été entraînés dans ces cavités souterraines.

Les auteurs assurent avoir reconnu parmi ces ossements ceux de 14 espèces de carnassiers, de 7 ruminants, de 7 pachydermes, et de 5 rongeurs. Les os de cerfs, de bœufs et de chevaux, sont les plus abondants parmi les herbivores; ceux de canis et de felis parmi les carnivores : les plus rares sont ceux de blaireaux et de castors.

Dans cette première portion de leur travail, il est question des os d'hyènes, dont ils ont cru reconnaître trois espèces. La première est celle qui a déja été recueillie dans un grand nombre de cavernes d'Allemagne, d'Angleterre et de France, et dont M. Cuvier a fait connaître les caractères dans ses recherches sur les os fossiles. C'est de l'hyène tachetée qu'elle se rapproche le plus. Nos auteurs l'appellent *hyæna spelæa.* Une autre, qu'ils trouvent beaucoup plus voisine de l'hyène rayée, leur a paru devoir être nommée *hyæna prisca;* et ils en ont une troisième, qu'ils appellent *hyæna intermedia,*

parce qu'elle leur semble tenir en partie de chacune des deux autres. On trouve aussi dans cette caverne des excréments d'hyènes; et les ossements mêlés à ceux des animaux voraces, portent des marques de leurs dents, comme dans les cavernes d'Angleterre.

Ces messieurs ne croient pas, cependant, comme la plupart des géologistes modernes, que les hyènes aient habité dans les grottes où leurs os sont déposés; c'est plutôt la même inondation qui a répandu ces os sur le sol, qui, selon nos auteurs, les a fait pénétrer dans les cavités que ce sol renfermait; il s'y trouve des os de tigres et de chiens; or, les hyènes n'auraient pas osé habiter avec des tigres, ni les chiens avec des hyènes; mais il est aisé de répondre que dans le grand nombre d'années qu'il a fallu pour l'accumulation des débris de tant d'animaux, ils ont eu le temps d'y séjourner séparément.

On doit fort désirer la prompte publication des autres chapitres de cette description.

Un autre gîte, très-riche en ossements fossiles, existe en Auvergne, dans une montagne voisine d'Issoire, département du Puy-de-Dôme, et a été exploré avec autant de lumières que d'émulation, d'un côté, par MM. Devèze de Chabriol et Bouillet, et de l'autre, par MM. l'abbé Croiset et Jobert.

Les premiers ont fait imprimer leurs observations en un petit volume in-folio; MM. Jobert et Croiset, qui entrent dans plus de détails et font connaître un plus grand nombre d'ossements, n'ont point encore terminé leur publication; mais on leur doit déja un volume in-4°. C'est avec plaisir que l'on voit naître dans nos départements ce désir d'étudier et

de faire connaître leurs productions, qui souvent n'ont pas moins d'intérêt pour la science que celles que l'on va chercher au loin à grands frais et non sans dangers.

La montagne dont il s'agit, se nomme *de Boulade* ou *du Périer,* suivant le côté par lequel on y monte. Un calcaire d'eau douce qui repose sur le granit, y porte des couches sableuses, alternant avec des couches de débris volcaniques, et couronnées par un énorme massif de ces débris.

La principale des couches à ossements est de l'épaisseur de trois mètres; on peut la suivre autour de la montagne; et on la retrouve même de l'autre côté de la vallée. MM. Jobert et Croiset y ont déja reconnu des restes de près de quarante espèces différentes de quadrupèdes. Ils y ont distingué ceux d'un éléphant, d'un ou deux mastodontes, d'un hippopotame, d'un rhinocéros, d'un tapir, d'un cheval, d'un sanglier, de cinq ou six félis, de deux hyènes, de trois ours, d'un canis, d'une loutre, d'un castor, d'un lièvre, d'un rat d'eau, de douze ou quinze cerfs, et de deux bœufs. Leurs félis et leurs cerfs forment surtout une augmentation très-importante pour la zoologie fossile; quand il n'y aurait que ces espèces-là de constatées, et elles le sont bien réellement, cette couche ossifère de Périer prendrait son rang parmi les monuments les plus remarquables de l'ancien monde.

On voit qu'il n'y a que des animaux des genres qui existent dans les couches les plus récentes, celles que l'on désigne maintenant sous le nom de *diluvium;* et en effet c'est à cet ordre de formation qu'appartient celle de Périer, malgré tous les produits volcaniques qui ont été répandus sur elle. Mais il existe dans le même pays des couches plus anciennes : ces terrains d'eau douce qui portent les couches sableuses, et

qui, ainsi que l'on devait s'y attendre, renferment des os de genres différents et appartenant à l'avant-dernière population animale : des palæothériums, des lophiodons, des anoplothériums, et M. Jobert a présenté à l'Académie un bel échantillon d'une mâchoire d'un grand anthracothérium, encore très-bien conservée. C'est aussi dans ces terrains plus anciens que se trouvent les os d'oiseaux dont l'Auvergne est si riche, et même encore des œufs parfaitement conservés. Ce qui est bien remarquable, c'est que dans tous ces environs il n'y a aucunes couches marines. « Des masses immenses, uniquement peuplées des produits de la terre et de l'eau douce, disent nos deux auteurs, y sont tellement liées entre elles, qu'elles doivent de toute évidence avoir été déposées pendant une longue période, sans qu'aucun événement géologique un peu important soit venu interrompre leur contact ou altérer leur régularité. On en voit de plus de 200 mètres d'épaisseur; les plus élevées sont à près de 800 mètres au-dessus du niveau de la mer, et l'on en retrouve jusqu'aux bords de l'Allier, qui n'est qu'à 90 mètres, ce qui peut faire croire que cette formation s'est faite dans des lacs placés à des niveaux différents. Les os y sont épars, non roulés, parce qu'ils y étaient déposés à mesure que les animaux mouraient. Souvent ils y sont pêle-mêle avec des coquilles d'eau douce. »

Depuis qu'il est bien constaté que la population animale des différents climats a subi des variations attestées par les débris qu'elle a laissés dans les couches dont l'enveloppe du globe se compose, et que l'on sait qu'à certaines époques c'étaient les reptiles qui dominaient; à d'autres, les mammi-

fères pachydermes, et que la proportion des genres et des espèces n'y est arrivée que par degrés ou par des événements successifs à un état semblable à celui où nous la voyons, il était naturel de se demander si le règne végétal n'avait pas subi des mutations analogues, mais il n'était pas facile de répondre à cette question, parce qu'il fallait, pour cela, déterminer avec précision les espèces des végétaux fossiles, et que les premières bases de cette détermination, dans les méthodes ordinaires, reposent sur des organes tellement délicats, que l'on ne peut espérer de les reconnaître dans ces empreintes ou ces débris, conservés de la végétation de l'ancien monde.

M. Adolphe Brongniart, qui s'est occupé de ce problème avec une rare persévérance, s'est donc vu obligé de se créer, pour la botanique fossile, une méthode particulière, et de trouver des signes de reconnaissance dans ce que la surface et le tissu des tiges, la distribution des nervures des feuilles et d'autres particularités d'organisation offrent de plus constant et de plus décisif. Appliquant cette méthode aux objets que les couches du globe lui ont fournis, il a commencé à publier un ouvrage où il doit classer et décrire plus de 500 espèces de végétaux fossiles, et faire connaître toutes les circonstances de leur gisement. Il a présenté à l'Académie un résumé de ses recherches, dans lequel il établit que dans un certain nombre de formations successives, des végétaux appartenants aux mêmes genres, aux mêmes familles, se retrouvent souvent avec peu de changements, et que même les rapports numériques des grandes classes y restent à peu près constants, tandis que dans d'autres successions de formations, une partie des genres et des familles changent subitement

et les rapports des classes deviennent très-différents. Les points où il a reconnu ces mutations rapides, lui ont fourni ses époques géologiques végétales, si l'on peut s'exprimer ainsi, et il a fixé ainsi quatre périodes pendant chacune desquelles la végétation n'a présenté que des variations peu remarquables, mais dont le passage de l'une à l'autre a, au contraire, été marqué par de grands changements.

La première comprend les terrains de transition et le terrain houiller; la deuxième, le grès bigarré; la troisième s'étend depuis la partie supérieure du calcaire conchylien jusqu'à la craie inférieure; la quatrième correspond aux terrains tertiaires.

Ces groupes de formations sont séparés l'un de l'autre par des groupes qui ne renferment pas ou presque pas de végétaux terrestres; ainsi le grès rouge, et le calcaire dit alpin, se trouvent entre le premier et le second; le muschelkalk entre le deuxième et le troisième, et la craie entre le troisième et le quatrième.

Les caractères de la végétation pendant ces quatre périodes, sont, pour la première, la prédominance numérique des fougères et la grande taille de ces végétaux; pour la seconde, l'égalité numérique des fougères, des monocotylédones et des conifères, mais une moindre taille des premières; pour la troisième, la prédominance des cycadées. L'absence des dicotylédones paraît commune à ces trois premières périodes. La quatrième est remarquable par la prédominance des dicotylédones, et par la similitude de sa flore avec celle qui subsiste aujourd'hui à la surface; et, ici comme dans le règne animal, on observe quelque rapport entre chacune de ces successions, et l'état de la végétation

dans les différentes zones du globe actuel. La flore de la première période se rapproche de la végétation des petites îles situées entre les tropiques et loin des continents, ce qui fait penser à l'auteur qu'à cette époque la température était plus élevée, et qu'il n'existait pas de grands continents, mais seulement des îles éparses dans un vaste Océan, conséquence qui s'accorde du reste avec la disposition des terrains houillers, et à laquelle Deluc et d'autres géologistes étaient déja arrivés par d'autres voies. Les flores de la deuxième et de la troisième période ont quelques-uns des caractères de la végétation des grandes îles et des côtes. Enfin, celle de la quatrième période ou des terrains tertiaires est analogue à la végétation des continents tempérés, et surtout des grandes forêts de l'Europe et du nord de l'Amérique.

Ces générations végétales ont pris leur développement beaucoup plus tôt que les générations animales. Il se montre des végétaux terrestres, et en grande quantité, bien avant qu'il apparaisse des traces d'animaux à respiration aérienne; plus tard, on n'aperçoit de ces animaux que des classes à sang froid, et ce n'est que vers le milieu de la quatrième période, que les animaux à sang chaud se montrent en grand nombre. Leur apparition coïncide d'une manière très-remarquable avec la multiplication des végétaux dicotylédones.

Témoin par la pensée de vicissitudes si étonnantes, notre jeune auteur n'a point résisté à la tentation d'imaginer des causes capables de les avoir produites, et il a cru les apercevoir dans l'action même des végétaux et dans les changements que la composition de l'atmosphère a dû en éprouver. Il suppose que le carbone, aujourd'hui employé dans la vie organique, était d'abord, sous forme d'acide carbonique, une par-

tie intégrante de l'atmosphère, et que c'est la végétation qui l'en a extrait; car, d'après les expériences très précises de M. Théodore de Saussure, les végétaux peuvent vivre et grandir sans tirer leur carbone d'ailleurs que de l'atmosphère. Surchargée de cet acide, l'atmosphère était, dit M. Adolphe Brongniart, aussi favorable à l'accroissement rapide des plantes que contraire à l'existence des animaux à sang chaud; et c'est lorsque ces animaux ne se montraient pas encore, qu'il s'accumulait ces immenses débris végétaux transformés ensuite en houillères. Les animaux à sang froid, qui n'ont pas besoin d'un air aussi pur, ont paru les premiers lorsque déja beaucoup de carbone avait été absorbé, et les animaux à sang chaud n'ont pu commencer à exister que lorsque l'air a été encore plus complètement purifié par l'action long-temps continuée de la végétation et surtout d'une végétation composée de grandes forêts répandues sur des continents étendus.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE ET BOTANIQUE.

La découverte de l'endosmose, ou de cette propriété qui fait que de deux liquides de densité ou de nature différente, séparés par une lame mince et poreuse, l'un traverse la lame de préférence à l'autre et avec assez de force pour élever celui-ci fort au-dessus du niveau auquel il demeurerait en vertu des lois de l'équilibre, a été considérée comme si nouvelle et si importante, que l'Académie a cru devoir décerner à l'auteur, M. Dutrochet, le prix de physiologie fondé par M. de Monthyon.

M. Dutrochet a mis tous ses soins à constater la vitesse et la force de cette nouvelle puissance, ainsi que toutes les

circonstances qui la favorisent ou qui la combattent, et il en fait surtout les applications les plus heureuses à des questions de physiologie végétale qui, depuis long-temps, faisaient le désespoir des physiciens.

Il a imaginé un instrument très-simple qu'il nomme endosmomètre, et qui consiste dans un tube élargi par un bout que l'on ferme au moyen d'une vessie ou d'une autre lame mince; on remplit ce tube d'un liquide, et on plonge le bout ainsi fermé dans un vase rempli du liquide dont on veut examiner l'action sur le premier.

En général, quand le liquide du vase est de l'eau, et que celui du tube est plus dense que l'eau, on voit le liquide s'élever dans le tube, parceque l'eau y monte, et cette ascension se porte à plusieurs pieds : c'est ce que l'on nomme endosmose. Si les liquides changeaient de position, le mouvement aurait lieu en sens inverse, l'eau du tube descendrait vers le liquide plus dense du vase; ce serait l'exosmose. Il y a même, à proprement parler, deux courants en sens inverse; l'endosmose et l'exosmose ont lieu à la fois; mais l'un des deux l'emporte généralement. Quand les deux fluides sont hétérogènes, il y en a un moins ascendant, et sa masse s'augmente aux dépens de celui qui l'est davantage. Cependant on observe à cet égard des variétés, selon la nature des liquides et celle de la lame qui les sépare.

Ainsi les liquides alcooliques, quoique moins denses que l'eau, se comportent comme les liquides plus denses : l'endosmose a lieu à leur égard, de la part de l'eau ambiante.

L'acide sulfurique, au contraire, bien plus dense que l'eau, non seulement ne provoque pas l'endosmose, mais son accession l'arrête relativement aux liquides où elle aurait lieu

s'il n'y était pas mêlé. Il en est de même de l'hydrogène sulfuré, et c'est sa présence qui, d'après les expériences de M. Dutrochet, donne la même propriété aux liquides animaux, quand ils se putréfient, et aux matières fécales.

Certaines natures de lames sont également ennemies de l'endosmose; la chaux carbonatée, quelque poreuse, quelque mince qu'on l'emploie, ne la permet jamais; le grès mince ne la détruit pas tout-à-fait; les substances minérales qui lui sont le plus favorables sont les matières alumineuses.

En général, les liquides organiques, par exemple les solutions de gomme, de sucre, les émulsions, etc., provoquent l'endosmose sans discontinuité, tant qu'ils ne subissent aucune altération; mais les liquides chimiques ont deux actions distinctes; l'une, primitive et directe, par laquelle ils la produisent; l'autre, consécutive et indirecte, par laquelle ils la diminuent et l'abolissent.

La vitesse de l'endosmose est proportionnelle à l'excès de densité du liquide intérieur (celui du tube) sur l'extérieur (celui du vase). Sa force est très-grande. Pour la mesurer, on courbe deux fois le tube vers sa base, on remplit une des courbures de mercure, qui y est d'abord en équilibre; introduisant ensuite le liquide dense depuis un des côtés du mercure jusqu'à la vessie, on plonge dans l'eau, et l'on voit de combien une des colonnes de mercure est soutenue au-dessus de l'autre. C'est une expérience analogue à celle de Hales, sur la force d'ascension de la sève; M. Dutrochet a vu ainsi l'endosmose soulever quatre atmosphères.

On juge combien cet ordre de phénomènes peut concourir à expliquer les mouvements d'ascension des fluides végétaux;

mais son influence n'est pas moins grande dans ce que l'on a appelé l'irritabilité végétale.

On sait, par exemple, que les valves de la capsule de la balsamine tendent avec force à se courber en dedans, et que pour peu que le lien qui les unit s'affaiblisse, elles se courbent en effet ainsi avec autant de force que de rapidité; c'est que leurs cellules extérieures, plus grandes que celles de la face interne, se remplissent beaucoup plus d'eau, et que leur gonflement tend à rendre convexe la face extérieure. Aussi cette élasticité des valves diminue-t-elle beaucoup quand on les laisse flétrir par l'évaporation partielle de leur liquide intérieur, et se régénère-t-elle quand on les plonge dans l'eau; mais si on les laisse entièrement dessécher, on a beau les plonger dans l'eau, elles n'y reprennent point leur disposition à se courber. C'est, selon M. Dutrochet, qu'après une évaporation incomplète, elles contiennent encore un liquide dense, et exercent l'endosmose, et qu'après le dessèchement complet, l'eau n'effectue plus qu'une imbibition ordinaire.

Si on plonge ces mêmes valves de balsamine dans un liquide plus dense que celui qu'elles contiennent, dans un sirop de sucre, par exemple, c'est l'exosmose qui a lieu; elles ne tardent point à perdre leur tendance à se courber en dedans, et bientôt même elles se roulent en dehors, parce que leurs vésicules extérieures plus grandes perdent plus de leur liquide que les intérieures.

Ce que l'on observe sur les valves de la balsamine se reproduit plus ou moins dans tous les tissus végétaux; toute portion, toute lame de ce tissu qui a les vésicules d'une face plus grandes que celles de l'autre, deviendra, si on la plonge dans l'eau, plus convexe du côté des grandes cellules, et plus con-

cave du côté des petites, et ce sera le contraire dans un liquide plus dense que l'eau, de l'eau gommée ou du sirop, par exemple. Rien n'est plus curieux que de faire ainsi à volonté se courber en sens contraire et en peu de secondes, un brin détaché longitudinalement d'un côté de la tige ou de la racine d'une même plante; mais il faut se rappeler ici que l'inégalité des vésicules est en sens inverse dans la tige et dans la racine d'une plante naissante. Dans la tige, la médulle centrale l'emporte en volume sur la médulle corticale; c'est le contraire dans la racine, où il est même souvent difficile d'apercevoir la médulle centrale; or, d'après des observations propres à M. Dutrochet, dans la médulle corticale, les vésicules grandes en dehors vont en décroissant de diamètre vers le dedans, et dans la médulle centrale, les vésicules petites en dehors vont en augmentant de diamètre vers le centre. Ainsi, une lanière du système cortical, plongée dans l'eau, doit tendre à se courber en dedans, et une lanière du système central, à se courber en dehors; et lorsque c'est le système central qui domine, comme dans la tige, la tendance totale doit être de se courber en dehors; elle doit être au contraire de se courber en dedans, quand c'est le cortical, comme dans la racine; aussi arrive-t-il constamment que l'eau qui fait courber en dehors une lame longitudinale de la tige, fait courber en dedans une lame semblable de la racine; et le sirop ou l'eau gommée produisent sur chacune de ces parties l'effet tout contraire. C'est ce que chacun peut vérifier aisément dans les pissenlits.

Le lecteur doit déja apercevoir avec quelle facilité on devait être conduit par ce fait à l'explication de la direction constante de la tigelle et de la radicule des semences qui ger-

ment, et même de la tendance des tiges à monter et des racines à descendre. Tant que le végétal est droit, toutes les parties qui composent et entourent circulairement son tronc et sa racine, étant également remplies de son liquide intérieur, exercent également leur endosmose, tendent toutes à se courber les unes en dehors, les autres en dedans, et se faisant équilibre, maintiennent la direction verticale. Mais qu'une circonstance quelconque affaiblisse d'un côté cette tendance à l'endosmose, le côté opposé, s'exerçant avec plus de force, se courbera dans le sens qui lui est propre, et entraînera dans la même courbure le côté affaibli. Or, lorsqu'un végétal est couché horizontalement, la sève lymphatique extérieure aux vésicules, et dont l'entrée dans ces mêmes vésicules par l'action de l'endosmose produit l'incurvation, doit devenir plus dense du côté inférieur, car cette sève n'est rien moins qu'homogène; se trouvant plus dense proportionnellement à la sève de l'intérieur des vésicules, son endosmose doit être moins forte; ce côté-là prendra avec moins de vigueur la courbure qui lui est propre; et comme nous avons vu que la courbure propre aux lanières de la tige est en dehors, et celle de la racine en dedans, il est évident que dans un végétal couché, la tige doit se relever, et la racine s'enfoncer.

M. Dutrochet appuie toute cette théorie d'observations et d'expériences de détail; il établit chacun des mouvements partiels qui concourent au phénomène général sur des preuves si précises, que l'ensemble en est des plus imposants; mais c'est dans son ouvrage que le lecteur, qui veut en prendre une connaissance approfondie, doit l'étudier spécialement.

La structure et les développements de l'ovule végétal, qui avait attiré l'attention de Grew et de Malpighi, ont été, depuis quelques années, le sujet des recherches successives de MM. Turpin, Auguste-Saint-Hilaire, Treviranus, Dutrochet, Th. Smith, R. Brown, Adolphe Brongniart, Raspail, etc.

Après tant d'observateurs, on pouvait croire que la matière était épuisée; mais M. de Mirbel en a jugé autrement. Il a voulu se rendre compte de toutes les modifications qu'amènent les développements successifs, afin d'arriver à une connaissance positive de chaque fait en particulier. Cette méthode l'a conduit à des résultats, qui tantôt rendent plus évidentes les découvertes de ses prédécesseurs, et tantôt sont contraires à ce qu'ils ont annoncé. Suivant lui, l'ovule, au moment où il commence à poindre, n'est qu'une petite excroissance pulpeuse, dans laquelle on ne distingue ni enveloppe, ni ouverture. Peu après, par l'effet des développements, la petite excroissance offre une masse cellulaire centrale, recouverte jusqu'à son sommet exclusivement de deux enveloppes superposées, percées chacune d'un orifice à sa partie supérieure. Les deux orifices correspondent entre eux; ils sont d'abord très-petits, ils s'élargissent graduellement, et quand ils sont parvenus au maximum de dilatation qu'ils peuvent atteindre, ils se resserrent et se ferment. Dans un grand nombre d'espèces, ce maximum de dilatation, par rapport à la grosseur de l'ovule, est si considérable, que pour en donner une idée juste, l'auteur le compare à l'évasement d'un gobelet, ou d'une coupe. On conçoit qu'alors il n'est nullement besoin d'avoir recours à l'anatomie pour reconnaître l'existence des deux enveloppes. M. de Mirbel affirme que souvent elles se sont présentées à lui sous la forme

de deux larges godets, dont l'un contenait l'autre sans le cacher entièrement; et il ajoute que la masse cellulaire centrale, fixée par sa base au fond de l'enveloppe interne, se prolongeait au dehors comme un long cône. D'autres fois, il a vu les deux enveloppes figurant assez bien les tubes d'une lunette d'approche.

Tous les ovules d'un même ovaire ne sont pas également développés au même moment. Par exemple, dans le *cucumis leucantha*, des filets musculaires partent du centre, et portent chacun 4 ou 5 ovules, disposés en série. Ces ovules sont d'autant moins développés, qu'ils sont plus éloignés de l'axe de l'ovaire. Aussi, l'époque de l'émission du *pollen* correspond, à divers degrés de développement.

Dans beaucoup d'espèces, la masse cellulaire centrale se dilate en un sac tout-à-fait clos, puis se soude à la seconde enveloppe, et disparaît. Dans d'autres espèces, cette même masse cellulaire a une plus longue durée; soit sous sa forme rudimentaire, soit sous sa forme plus parfaite de troisième enveloppe. Quelquefois, une quatrième enveloppe se détache de la superficie interne de la troisième.

Enfin, beaucoup d'espèces offrent cette poche, que Malpighi a nommée l'*amnios*. Son développement n'est complet, que lorsqu'il a lieu dans un ovule rempli de tissu cellulaire. Sa première ébauche est une sorte de boyau délié, qui tient par un bout au sommet de l'ovule, et par l'autre bout à sa base. Le boyau ne tarde pas à se renfler, et à refouler de tout côté le tissu qui l'environne. Un fil à peine perceptible descend du sommet de l'ovule dans cette cinquième et dernière enveloppe, et y tient suspendu un globule qui est l'embryon naissant.

M. Auguste Saint-Hilaire pense que chaque ovule est attaché à l'ovaire par deux cordons vasculaires, l'un destiné à la transmission des sucs nourriciers, et l'autre à la transmission de la matière fécondante. Mais M. R. Brown assure que ce second cordon n'existe que très-rarement, et que ce n'est qu'après les premiers développements de l'ovule qu'il se soude à son orifice. Cette dernière opinion est adoptée par M. de Mirbel, qui s'attache à démontrer par des dissections très-délicates, que c'est ainsi que les choses se passent dans les plombaginées et les euphorbes.

Comme l'auteur a pris l'ovule dès sa naissance, et l'a suivi dans tous ses développements, il a été à même de constater les changements qu'il éprouve dans sa position et sa forme extérieure. Ces observations l'ont conduit à diviser les graines en trois classes : les orthotropes, les anatropes, et les campulitropes.

Les orthotropes conservent, en se développant, la direction qui est propre à tout ovule naissant, c'est-à-dire que leur base reste diamétralement opposée à leur sommet.

Les anatropes proviennent d'ovules qui se renversent de telle sorte, que leur sommet prend la place de leur base, et *vice versa*. Ces graines se soudent au funicule dans leur longueur.

Les campulitropes se courbent sur elles-mêmes, en arc ou en cercle, et rapprochent leur sommet de leur base.

En général, ces diverses formes sont constantes dans les groupes les plus naturels. Cependant, l'auteur reconnaît qu'ici, comme dans beaucoup d'autres cas, il y a quelquefois des nuances qui rendent les caractères ambigus.

M. DE MIRBEL avait fait remarquer très-anciennement, qu'en général, dans les tiges carrées à feuilles opposées, il existe sous l'écorce quatre faisceaux vasculaires et ligneux, lesquels correspondent chacun à l'un des quatre angles, et qu'à la hauteur des points d'attache de chaque paire de feuilles, ces faisceaux communiquent entre eux par des ramifications latérales, qui forment un bourrelet annulaire autour des tiges.

La tige unique d'un vieux *calycanthus floridus*, arraché en 1827 au potager royal de Versailles, a fourni à l'auteur, avec une nouvelle confirmation du fait qu'il avait annoncé, un phénomène extrêmement curieux. Les quatre faisceaux vasculaires des angles de ce *calycanthus*, ont grossi avec la tige, qui a deux à trois pouces de diamètre; et ils forment à sa superficie quatre saillies, imitant des cordes de la grosseur du petit doigt. Chacun d'eux offre une enveloppe corticale qui lui est propre, des couches ligneuses superposées les unes aux autres, de gros vaisseaux distribués en séries circulaires dans le bois, des rayons qui s'allongent du centre à la circonférence, et un canal médullaire. Ainsi, l'organisation des quatre faisceaux, et, par conséquent, leur croissance, sont semblables à celle des tiges ligneuses des cotylédones. Ce fait inattendu a paru si étrange à plusieurs personnes, qu'elles ont imaginé d'abord que les faisceaux n'étaient autre chose que des branches greffées par approche sur le tronc. Mais un examen de quelques minutes les a détrompées.

Selon l'auteur, cet accroissement remarquable des quatre faisceaux du *calycanthus*, ne doit être considéré, ni comme une monstruosité dans l'individu, ni comme un phénomène constant dans l'espèce. C'est le résultat de la culture, qui a

supprimé par la taille toutes les branches, à l'exception d'une seule, dont l'épaisseur s'est accrue, et dont la durée s'est prolongée bien au-delà du terme ordinaire.

M. Du Petit-Thouars observant des fleurs de pavots sauvages, fut frappé de la disposition de leurs étamines, qui était telle que, malgré leur grand nombre, il ne s'en trouvait pas deux qui se touchassent, en sorte que toutes les anthères étaient parfaitement isolées les unes des autres, et à des distances égales entre elles, parce que les filaments s'écartaient en ligne droite comme autant de rayons d'une sphère; il se trouva porté naturellement à chercher jusqu'à quel point cette disposition se retrouverait dans d'autres plantes, et trouva que, dans toutes, les anthères cherchent à s'isoler les unes des autres, mais avec quelques variétés. Il propose de désigner ce phénomène par le mot d'*éparpillement*, et présume qu'il tient à la même cause qui, suivant lui, fait que les feuilles et leurs supports, lorsqu'elles sont parvenues à leur parfait développement, s'écartent de manière à ne pas se toucher, ce qui toutefois exige un temps calme et serein. Il en est de même de l'éparpillement; un rien suffit pour le déranger.

Tant que les étamines sont très-nombreuses, comme dans les pavots, on ne peut distinguer que leur isolement; mais à mesure qu'elles s'éclaircissent, on remarque une autre sorte de régularité, qui consiste en ce qu'elles se disposent dans l'espace, de manière à y tracer des figures rectilignes, et l'on reconnaît que cela provient de deux causes : 1° le point de départ des étamines, ou l'insertion; 2° l'égalité en longueur des

filaments. Pour démontrer cette proposition, l'auteur se borne à un petit nombre d'exemples, pris dans les rosacées, comme le pêcher, le prunier et le fraisier. De ces trois plantes, c'est le fraisier dont la fleur a le moins d'étamines. Elles y sont bornées à 20; le prunier en a 30, et le pêcher 40. Ces nombres sont en rapport avec cinq, qui est celui de leurs pétales; mais ils sont quelquefois altérés; il y a des fleurs de fraisier où l'on trouve 24 ou 28 étamines; et c'est lorsqu'il est survenu un pétale de plus dans le premier cas, et deux dans le second; chaque pétale a donc toujours quatre étamines qui lui correspondent. Il en est de même de la potentille; et la tormentille, qui n'a que 4 pétales, n'a que 16 étamines.

L'auteur entre dans de grands détails sur la position mutuelle de ces étamines, et sur les polygones circonscrit, les uns aux autres aux angles desquels elles sont placées, mais il ne nous serait pas possible de faire entendre ces détails sans figures. Qu'il nous suffise de répéter, d'après M. Du Petit-Thouars, que malgré quelques anomalies, les étamines conservent toujours dans leur arrangement assez de régularité pour prouver que cette disposition n'est point l'effet du hasard. Elle démontre pleinement une assertion de Grew, que *l'arithmétique de la nature est toujours d'accord avec sa géométrie.*

Ces observations intéressent particulièrement M. Du Petit-Thouars, parce qu'elles lui fournissent l'occasion de présenter sous un nouveau jour les preuves dont il appuie la seconde des deux bases de son système, ou cette proposition, que *la fleur n'est autre chose qu'une transformation de la feuille,* proposition depuis long-temps exposée par Linnæus, mais que notre académicien a cru compléter en y ajoutant, que *C'est une transformation de la feuille et du bourgeon qui en*

dépend; la feuille donne les étamines, la calice et la corolle quand il y en a, et le bourgeon donne le fruit, et par suite la graine.

De cette proposition en est sortie une nouvelle : *Le plus grand nombre des fleurs est formé de quatre verticilles, dont les trois inférieurs (du moins dans les dicotylédones) sont le plus souvent composés de cinq feuilles; le quatrième, qui est en même temps le plus élevé, offre fréquemment un moindre nombre de parties.*

Il est constant en effet que le nombre cinq est plus fréquent que les autres dans les fleurs, et M. du Petit-Thouars a établi qu'on l'observe dans les neuf dixièmes des dicotylédones, tandis que dans les 99 centièmes des monocotylédones c'est le nombre trois qui se reproduit. Il croit, ainsi que nous l'avons dit en 1822, pouvoir trouver l'origine de la plus grande fréquence de ces deux nombres dans la manière dont les faisceaux se divisent en sortant du scion pour entrer dans la feuille, et cela paraît en effet évident dans certaines monocotylédones; sur d'autres il faut soulever quelques voiles qui masquent le nombre primordial, mais l'auteur convient de bonne foi que pour beaucoup de dicotylédones on ne peut que former des conjectures peu solides.

D'après une autre considération, c'est dans la position relative des feuilles que l'on trouve la raison de ce nombre cinq. Lorsqu'elles alternent, en les regardant selon l'axe du rameau, on les voit former une spirale qui ramène la sixième feuille au-dessus de la première, et la onzième encore au-dessus de la sixième, ce qui se continue sur une grande longueur. Que ces feuilles se rapprochent de cinq en cinq, elles formeront les verticilles fondamentaux. Mais les feuilles qui au lieu d'al-

terner sont opposées ou disposées par spirale ternaire (et elles sont encore assez nombreuses), ne peuvent reproduire le nombre cinq; celui de quatre devrait même appartenir à toutes les plantes à feuilles opposées, et cependant le nombre cinq y est plus fréquent, comme dans celles à feuilles alternes.

Quant aux monocotylédones, il est certain que les feuilles très-rapprochées des espèces arborescentes, y paraissent souvent disposées en spirale ternaire; mais il y en a aussi où la spirale est quinaire, et entre autres l'asperge.

M. Du Petit Thouars rappelle, au reste, que la plus grande fréquence du nombre cinq dans les fleurs, et le fait qu'il se retrouve dans la position spirale des feuilles, a été publiée en 1656, par Thomas Brown, dans un traité singulier où il cherche à prouver que le nombre cinq est celui de tous que la nature emploie le plus volontiers.

Nous avons donné dans notre précédente analyse un résumé sommaire des observations de M. Adolphe Brongniart sur le pollen de végétaux, qui n'est pas une simple poussière, mais dont chaque grain est une vésicule organisée et, selon ce jeune botaniste, remplie de corpuscules eux-mêmes organisés; nous avons fait connaître ses idées sur la fécondation des germes, qu'il suppose opérée par les corpuscules dont les grains de pollen sont remplis, lesquels, portés dans l'intérieur du stygmate par un tube qui se développe au moment où le pollen vient à toucher cet organe, pénètrent dans son tissu par un mouvement qui leur est propre, et descendent ainsi jusqu'à l'ovule, où, en se combinant avec des molécules qu'il contient, ils produisent le germe; en un mot, selon M. Adolphe Brongniart, les corpuscules de l'intérieur

du pollen sont comparables, sous tous les rapports, aux animalcules spermatiques; car c'est aussi à ces animalcules que, d'après d'autres expériences faites avec M. Dumas, il attribue la plus grande part dans la reproduction des animaux.

Un naturaliste exercé aux observations microscopiques, M. Raspail, dans un mémoire présenté à l'Académie, mais dont le rapport n'a pas été fait, attendu que ce mémoire a été imprimé, a soutenu au contraire que ces corpuscules variables en forme et en grandeur dans le pollen ne se meuvent que par des causes extérieures, telles que la capillarité, l'agitation de l'air, l'évaporation de l'eau, celle des substances volatiles dont ils peuvent être imprégnés; enfin, que ce ne sont que des gouttelettes de résine ou d'huile qui se dissolvent entièrement dans l'alcool.

D'un autre côté, M. Robert Brown, célèbre botaniste anglais, correspondant de cette Académie, qui a fait des expériences sur le même sujet, bien que, sur d'autres points, il n'adopte pas les vues de M. Brongniart, s'est convaincu, comme lui, que les granules intérieurs du pollen sont doués d'un mouvement qui leur est propre; mais il a constaté des phénomènes semblables dans des granules de plantes desséchées depuis long-temps, dans les molécules que l'on obtient en broyant dans l'eau les divers tissus organiques morts ou vivants, soit végétaux, soit animaux, et même dans les poudres de toute sorte de substances inorganiques en sorte que ces phénomènes ne seraient rien moins que propres au pollen.

M. Adolphe Brongniart a défendu ses opinions par un nouveau mémoire; les corpuscules de l'intérieur du pollen ont toujours, selon lui, une forme constante; mais ils se

trouvent souvent mêlés, et c'est ce qui a fait illusion, de corps étrangers d'une nature très-différente; et, pour prouver que le mouvement des premiers n'est point dû à des causes extérieures, il répète ses expériences en faisant crever les grains de pollen dans une goutte d'eau remplissant une petite capsule de verre, recouverte d'une lame de mica.

De nouvelles observations sur les prêles et les chara lui ont montré dans les organes qu'Hedwig considère comme les anthères de ces végétaux, des granules semblables à ceux des plantes ordinaires et doués de la même faculté de se mouvoir.

Les plantes qui fleurissent en serre chaude pendant l'hiver, et qui ne fructifient presque jamais, n'ont dans leur pollen que de la matière mucilagineuse.

Les commissaires de l'Académie ont unanimement reconnu que les causes extérieures n'exercent aucune influence sur les mouvements observés par M. Brown et M. Brongniart; il leur a été démontré aussi que des mouvements très-semblables à ceux des granules de pollen ont lieu dans beaucoup de corpuscules différents de ceux-là; ils ont remarqué en même temps que la manifestation du phénomène est très-variable, à tel point qu'avec des circonstances en apparence tout-à-fait pareilles, les granules d'une même plante leur ont offert, tantôt des mouvements très-sensibles, tantôt une parfaite immobilité.

Au surplus, la question du mouvement spontané et celle de la fécondation ne sont pas absolument liées, et pourraient être affirmées ou niées indépendamment l'une de l'autre.

M. Moreau de Jonnès a communiqué à l'Académie des recherches sur le maïs, la synonymie de cette céréale dans les langues américaines, son pays originaire, l'étendue de sa culture et son antiquité chez les peuples aborigènes du Nouveau-Monde.

Dans ce mémoire étendu, l'auteur commence par examiner si le maïs était connu des peuples de l'antiquité, et il montre, par le témoignage d'autorités nombreuses, que c'est en le confondant avec une céréale africaine, le sorgho ou grand millet, qu'on a été conduit à croire qu'il existait, avant la découverte de l'Amérique, dans plusieurs contrées de l'Europe et de l'Orient.

Rassemblant ensuite dans les histoires contemporaines de la conquête du Nouveau-Monde, et dans les voyageurs qui, les premiers, ont parcouru ses vastes contrées, les faits qui forment l'histoire du maïs, M. de Jonnès, après avoir constaté l'origine américaine de cette plante, a recherché quels peuples aborigènes de l'hémisphère occidental en tiraient leur principale subsistance; quelles limites sa culture avait reçues de la puissance du climat et des communications des hommes; quelle était l'étendue de cette culture, comparativement à celle du manioc; quelles lignes itinéraires semble avoir suivies sa translation géographique, et quelles contrées des deux Amériques paraissent avoir été son habitation primordiale.

D'après l'examen approfondi de ces questions, l'auteur se croit fondé à conclure que le maïs a pris naissance exclusivement dans les régions du Nouveau-Monde, comme le riz dans celles de l'Asie, le millet en Afrique, et le froment dans les contrées septentrionales de l'Asie, ou peut-être dans

l'Europe. Cette céréale était concentrée par l'Océan dans les deux Amériques, ainsi que l'étaient, dans l'ancien monde, ces trois autres plantes alimentaires, dont aucune n'existait dans l'hémisphère américain, antérieurement aux navigations de Christophe Colomb. Il n'y a point eu de création multiple de ces végétaux, puisque leur propagation a été soumise à la condition nécessaire de la contiguité des territoires, et qu'on ne les a point retrouvés partout où cette condition a manqué complètement, comme en Amérique, en Australasie, et à la Nouvelle-Zélande. Leur translation géographique ne s'est point opérée, comme celle des plantes inutiles ou nuisibles, par les agents naturels, tels que les courants pélagiques, les vents ou les animaux, puisque aucune céréale ne croît spontanément, et n'a pu franchir les mers par le secours de ces agents, dont l'action dure cependant depuis le commencement des choses. La séparation des régimes des deux hémisphères, par l'Océan, est évidemment antérieure à la propagation des céréales, puisque, sans cette barrière, la contiguité des territoires aurait permis aux plantes de l'ancien monde de se répandre dans le nouveau, et *vice versa*. La distribution géographique du maïs, comme des autres céréales, n'ayant eu lieu, ni par une création multiple, ni par l'action des agents naturels, sa translation d'une contrée à une autre n'a pu s'effectuer que par les hommes, soit dans leurs communications partielles, soit dans les grandes transmigrations de leurs diverses races; et, en effet, les témoignages de l'histoire établissent que c'est au moyen de ces transmigrations que les plantes alimentaires se sont propagées de proche en proche, dans les diverses contrées du globe. C'est sans doute ainsi que le maïs a été porté d'un pays

à l'autre, dans la vaste étendue des deux Amériques; car, lors de l'arrivée des Européens, il existait, de temps immémorial, chez tous les peuples aborigènes, et il n'y avait d'autres limites à sa culture que celles qui lui sont imposées par le climat. Mais, excepté l'existence du maïs sur chacun des cinq grands plateaux du Nouveau-Monde, et la culture de cette céréale avec celle des quatre autres plantes alimentaires ou usuelles, il ne restait aucun témoignage de cet ordre de choses, qui semble remonter à la plus haute antiquité. Les peuples de chacune de ces cinq régions, qui cultivaient en commun le maïs, étaient, au 15^{e} siècle, entièrement étrangers les uns aux autres; ils n'avaient entre eux aucune communication, et plusieurs ignoraient même mutuellement leur existence. Leur séparation datait de si loin, que, quoiqu'ils eussent les mêmes opérations de culture, et les mêmes procédés pour faire avec le maïs des aliments divers ou des breuvages, ils lui donnaient des appellations différentes. Les habitants de chacune des régions élevées du Nouveau-Monde avaient une série de noms spéciaux pour désigner le maïs, ses variétés, et ses préparations; dans l'ensemble de ces séries, telles que M. de Jonnès les rapporte, il n'y avait point de noms qui fussent semblables ou seulement analogues. On ne peut expliquer cette diversité, qu'en supposant que la culture du maïs est contemporaine de la naissance des sociétés américaines, et de la formation de leurs langues; et quand on considère que, quoique isolées, chacune de ces sociétés possédait de toute antiquité cette utile céréale, on est porté à croire que, dans des temps plus reculés encore, la propagation en avait eu lieu d'une extrémité du continent à l'autre, par des communications entre les peuples abori-

gènes. L'une des grandes catastrophes dont les traces se retrouvent sur toute la surface du globe, paraît avoir rompu ces relations, et replongé les hommes du Nouveau-Monde dans les ténèbres de l'ignorance et de la barbarie.

Le *Theligonum cynocrambe* est une plante annuelle de la famille des chénopodes, à feuilles un peu charnues, et dont la tige se ramifie et s'étale dans les crevasses des rochers à l'abri des gelées, de quelques cantons du midi de la France. Ses sexes sont dans des fleurs séparées, mais sur la même plante; et par conséquent, dans le système sexuel, on la place dans la monœcie. La structure de sa fleur et de son fruit était presque ignorée des botanistes; et M. Delille, qui l'a observée dans les environs de Montpellier, a décrit l'un et l'autre avec beaucoup de détails. Ce qu'elle a de plus remarquable, c'est que le fruit, qui est une drupe et qui se conserve sec de lui-même, se dépouille sur la terre humide de son épiderme et de sa pulpe, et reste quelque temps couvert d'une poussière blanche, d'un aspect à peu près semblable à l'amiante, et qui résiste beaucoup plus à la décomposition qu'un tissu végétal. Cette poussière consiste dans une prodigieuse quantité de cristaux en aiguilles, acérés à leurs deux extrémités, épaissis au milieu, et portant d'un côté sur ce milieu une facette plate, ce qui ne peut se voir qu'au microscope. Ces cristaux, plus gros que ceux de la plupart des autres végétaux, sont agglomérés par faisceaux, et de manière à faire paraître ridée la surface du fruit desséché. Il ne serait pas sans intérêt d'en avoir une analyse chi-

mique; et la quantité que l'on peut aisément en recueillir, serait suffisante pour y procéder.

Les grands travaux de botanique descriptive continuent toujours avec la même persévérance.

M. DE CANDOLLE a publié une monographie des *crassulacées;* M. Auguste SAINT-HILAIRE en a donné une des *polygalées;* M. KUNTH annonce un ouvrage général sur les *graminées,* qui sera rempli d'observations de la plus haute importance. Le même botaniste a présenté une histoire spéciale de la balsamine des jardins. M. CAMBESSÈDES a présenté sur les *ternstromiacées* et sur les *guttiférées* un mémoire détaillé, où il propose plusieurs genres nouveaux, et détache de ces familles quelques genres qui n'y appartiennent point. Les agames et les cryptogames recueillies pendant le voyage de la Coquille autour du monde, sont décrites en détail dans la partie botanique de ce voyage, par M. BORY DE SAINT-VINCENT. M. GUILLEMIN a donné un recueil de figures des plantes rares de l'Australasie; M. DESCOURTILS, tout en continuant sa Flore médicale des Antilles, a publié un traité populaire sur les champignons comestibles et vénéneux; M. le chevalier SMITH a conduit jusqu'au IV^me^ volume sa Flore d'Angleterre. Malheureusement, ces divers écrits, tout importants qu'ils sont pour la science des végétaux, sont peu susceptibles d'extraits; ou, pour en donner des extraits utiles, il faudrait un espace plus étendu que celui dont nous pouvons disposer.

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALE.

M. Magendie a réuni dans un ensemble ses observations sur le cerveau et sur le liquide qui l'arrose ainsi que la moelle épinière, dont nous avons déja rapporté quelques-unes dans notre précédente analyse, et il les a présentées dans la séance publique de l'année dernière.

Un homme adulte a environ trois onces de ce liquide; les femmes en ont davantage; dans les vieillards où la masse du cerveau diminue, le liquide augmente; il y en a 6 ou 7 onces. Il forme autour du cerveau une couche d'une ou deux lignes, et dans certaines circonstances et certaines places, de près d'un pouce; ce qui, pour le dire en passant, paraît à M. Magendie une assez forte objection contre un système qui repose sur les rapports intimes de la forme du crâne avec celle du cerveau.

Il s'en faut beaucoup que le volume du cerveau soit aussi constant qu'on est porté à le croire en le jugeant d'après la forme fixe du crâne. Dans toutes les maladies d'une certaine durée, où le corps maigrit beaucoup, le cerveau éprouve une diminution analogue; il reprend, avec les progrès de la convalescence, ses dimensions premières, et l'un des principaux offices du liquide en question, est de remplir dans ces alternatives les vides qui viennent à naître. L'animal le plus féroce à qui on l'enlève par la ponction, devient calme et ne fait aucun mouvement; mais il reprend son naturel après un intervalle assez court, pendant lequel le liquide s'est régénéré. Si on le lui rend après l'avoir laissé refroidir, il lui prend un tremblement général. Si on lui substitue de l'eau échauffée à la même température, l'animal entre dans une agitation

extrême, et semble avoir perdu son instinct et ses facultés.

M. Magendie a cherché à savoir comment le liquide se comporte dans les affections mentales. Les personnes devenues idiotes, les vieillards en démence, le lui ont offert en grande quantité, souvent jusqu'à 6 ou 7 onces; il y occupait la surface du cerveau, en distendait les cavités, et en déplaçait toutes les parties. Il remplit et distend aussi beaucoup les ventricules dans la folie, quelle qu'en soit la nature; mais alors il ne s'accumule point à la surface du cerveau. Dans les individus doués de leur raison, au contraire, les ventricules du cerveau en contiennent à peine un gros, et la totalité ne va pas à plus de deux onces.

M. Magendie pense que ces termes d'aquéduc, de pont, de valvule, employés par les anciens anatomistes, dans leurs descriptions du cerveau, montrent qu'ils n'étaient pas étrangers à la connaissance du liquide qui remplit les cavités de cet organe. Dans des temps plus modernes, Haller avait cru qu'il s'y réduisait à une légère humidité, destinée à empêcher l'union de leurs parois, et que son accumulation ne provenait que de maladies; mais M. de Soemmerring, dans son traité de l'Organe de l'ame, publié en 1796, a déja réfuté cette opinion et montré que les ventricules du cerveau ne sont pas seulement des solutions de continuité, des cavités possibles, mais de véritables cavités constamment remplies d'un liquide concret. C'est même par les changements de composition produits dans ce liquide par l'effet de l'action nerveuse, qu'il cherche à rendre compte des impressions que l'ame éprouve; c'est dans ce liquide, si l'on peut s'exprimer ainsi, qu'il en place le siége; mais il ne parle point de l'ouverture décrite par M. Magendie, et par laquelle le liquide des

ventricules communique avec celui qui remplit le canal de l'épine.

M. Flourens, dont notre analyse de 1822 a fait connaître les importantes expériences sur les effets de l'ablation des diverses parties de l'encéphale, a appliqué, cette année, sa méthode sur la moelle allongée et sur la moelle épinière, et cherché à constater leurs limites, et à comparer leur action sur la respiration dans les quatre classes d'animaux vertébrés.

Dans les oiseaux, on peut détruire toute la moelle lombaire et toute la portion postérieure de la moelle dorsale, sans détruire la respiration. Ce n'est qu'à la destruction de la moelle costale que les mouvements inspiratoires du tronc cessent.

Dans les mammifères, on peut également détruire toute la moelle lombaire et toute la portion postérieure de la moelle dorsale, sans détruire la respiration; on peut même détruire la moelle costale; le jeu des côtes s'éteint alors, mais la respiration continue par le diaphragme; et ce n'est que lorsque la destruction atteint l'origine des nerfs diaphragmatiques, que tous les mouvements inspiratoires du tronc cessent.

Dans la grenouille et les autres reptiles batraciens, où le mouvement inspiratoire du tronc ne se fait que par l'appareil hyoïdien, on peut détruire, sans supprimer la respiration, toute la moelle épinière, hors le seul point de la moelle cervicale duquel les nerfs de cet appareil naissent.

On peut aller plus loin encore chez les poissons où les nerfs de l'appareil respiratoire du tronc ne viennent plus

de la moelle épinière, comme dans les autres classes, mais de la moelle allongée elle-même.

M. Flourens a détruit, sur plusieurs carpes, toute la moelle épinière d'un bout à l'autre, en s'arrêtant pourtant à quelques lignes de la moelle alongée, pour ne point intéresser cette moelle dans la lésion. Le mouvement respiratoire, c'est-à-dire le jeu des opercules, survécut à cette destruction. Une heure après l'opération, il survivait encore; tant que l'animal était dans l'eau, la respiration était régulière et facile; si on l'en sortait, la respiration se montrait laborieuse, pénible, accompagnée de signes d'angoisses; elle redevenait facile, dès qu'on replongeait l'animal dans l'eau.

Ainsi, on peut détruire, impunément pour la respiration, plus de moelle épinière chez les mammifères que chez les oiseaux, plus encore chez certains reptiles; et l'on peut la détruire tout entière chez les poissons.

C'est tantôt d'un point, et tantôt d'un autre point de la moelle épinière que part l'action immédiate de cette moelle sur la respiration, dans les diverses classes; de la moelle costale seule, chez les oiseaux; de la costale et de la cervicale, chez les mammifères; de la cervicale seule, chez certains reptiles; de la moelle alongée elle-même enfin et plus du tout de la moelle épinière, chez les poissons.

C'est tantôt par certains nerfs, tantôt par d'autres que se transmet cette action immédiate des centres nerveux sur le mouvement respiratoire dans les diverses classes : par les nerfs costaux ou thoraciques seuls, chez les oiseaux; par les costaux et le diaphragmatique, chez les mammifères; par les nerfs de l'appareil hyoïdien, chez certains reptiles; et par les nerfs de la huitième paire même, chez les poissons.

La moelle épinière, considérée dans l'ensemble des quatre classes, n'a donc sur l'appareil respiratoire du tronc qu'une action relative et variable comme l'origine même des nerfs de cet appareil; la moelle alongée, au contraire, a, dans toutes les classes, une action fixe et invariable; dans toutes, il suffit de couper cette moelle par une section tranversale, pour abolir sur-le-champ la respiration.

De là, M. Flourens croit pouvoir tirer cette conclusion, que la moelle allongée est l'organe *essentiel* et *primordial* du mécanisme respiratoire, et qu'elle est l'organe *exclusif* de ce mécanisme chez les poissons.

En outre, à mesure qu'on descend des classes supérieures aux inférieures, on voit la moelle épinière se dégager, de plus en plus, de tout concours aux mouvements respiratoires; et la moelle alongée, par une marche inverse, tendre de plus en plus, au contraire, à réunir et à concentrer en elle seule tout ce qui tient à ces mouvements, jusqu'à ce qu'enfin, dans les poissons, les fonctions *essentielles* et *primordiales* de ces deux moelles, se montrant complètement distinctes et séparées, l'une ne produise plus que les mouvements de locomotion, et l'autre produise tous les mouvements de respiration.

L'objet de la seconde partie du mémoire de M. Flourens est la *détermination des limites de cette portion essentielle de la moelle alongée*, ou, comme il s'exprime, *du point central et vital du système nerveux*.

Lorry paraît avoir reconnu le premier qu'il y a dans le faisceau rachidien un endroit dont la section produit *subitement la mort*, tandis que, au-dessus ou au-dessous, ce phénomène si frappant d'une *mort subite* ne s'observe plus; mais il le fixe d'une manière un peu vague.

Le Gallois a été plus précis, et déclare que « ce n'est pas

« du cerveau tout entier que dépend la respiration, mais « bien d'un endroit assez circonscrit de la moelle alongée, « situé à une petite distance du trou occipital, et vers l'ori- « gine des nerfs de la huitième paire. »

Pour arriver à plus de précision encore, M. Flourens, partant des expériences qu'il avait faites en 1824 sur les poissons, et dont nous avons rendu compte dans le temps, a coupé transversalement dans un lapin la moelle alongée immédiatement au-dessous de l'origine de la huitième paire, et tous les mouvements inspiratoires du tronc et de la tête ont été à l'instant même abolis. Le même effet a eu lieu à une ligne et demie plus loin; mais à trois lignes, à trois lignes et demie, les mouvements de la tête ont subsisté encore plus ou moins, quoique ceux du tronc aient cessé. La section faite au-dessus de la huitième paire a arrêté, au contraire, les mouvements de la tête, mais laissé, pendant quelque temps, subsister ceux du tronc, quoique péniblement.

Telles seraient donc, d'après M. Flourens, les limites de la partie de la moelle où réside le principe moteur nécessaire à la respiration; et c'est même là qu'il place le principe général de la vitalité. Une section faite au-dessus, tue l'encéphale, et laisse vivre la moelle épinière; au-dessous, elle produit l'effet inverse; la moelle épinière meurt, l'encéphale vit. L'auteur nomme cet endroit de la moelle le *nœud vital,* ou le *lien central* de toutes les parties nerveuses, et c'est, à son avis, un vrai *collet* du système nerveux, comparable au *collet* des végétaux placés entre la tige et la racine.

Nous avons vu, l'année dernière, que M. Flourens a fait

usage de la même méthode, dans le but de déterminer les fonctions des diverses parties qui composent l'oreille, et qu'il est résulté de ses expériences, que la membrane du tympan peut être détruite, sans altérer l'ouïe; que l'enlèvement de l'étrier hors du cadre que lui fournit la fenêtre ovale, affaiblit la sensation; que la destruction de la pulpe de l'intérieur du vestibule l'anéantit. Ces résultats pouvaient se prévoir jusqu'à un certain point; mais ce qui était bien inattendu, c'est ce qui s'est manifesté lors de la section des canaux semi-circulaires. M. Flourens l'a pratiquée sur des oiseaux, où ces canaux sont faciles à mettre à nu; l'ouïe n'en a point été sensiblement affaiblie; mais les mouvements de l'animal en ont éprouvé les plus grands désordres. La section d'un canal horizontal produit constamment un mouvement de la tête, de droite à gauche, et de gauche à droite; et lorsque les deux canaux sont coupés, ce mouvement devient si rapide, si impétueux, que l'animal perd tout équilibre, et roule long-temps sur lui-même, sans pouvoir se relever.

Si, au contraire, on coupe les canaux semi-circulaires verticaux externes, c'est un mouvement violent de haut en bas, et de bas en haut, qui a lieu; l'animal ne tourne pas sur lui-même, mais il se renverse souvent malgré lui sur le dos, et quelquefois il culbute long-temps ainsi à la renverse.

Enfin, si l'on coupe les canaux verticaux internes, il naît aussi des mouvements violents de haut en bas, et de bas en haut; mais, c'est en avant, c'est sur son bec qu'il tombe et qu'il culbute. Ces mouvements désordonnés cessent, quand l'animal se tient immobile; mais aussitôt qu'il essaie de chan-

ger de place, ils recommencent avec force, et ils lui rendent la marche et le vol également impossibles.

Ce qui est plus extraordinaire, c'est qu'un état si étrange n'empêche point la plaie de se refermer, et l'animal de vivre et d'engraisser; et cependant il ne se calme jamais. Après plusieurs mois, après un an, M. Flourens a vu des pigeons, qu'il avait opérés et ensuite nourris avec soin, reprendre chacun, sitôt qu'il voulait changer de place, l'espèce de mouvement de culbute ou de rotation correspondant à l'opération qu'il avait subie. Du reste, ces animaux entendaient et voyaient; ils mangeaient et buvaient; toutes leurs fonctions avaient lieu comme à l'ordinaire.

C'est là une énigme de plus à ajouter à toutes celles que nous propose la science de la vie; cette science dans laquelle, chaque fois que l'on cherche à en deviner une, on en rencontre de nouvelles, qui ne sont pas moins obscures que la première.

L'auteur a répété ces expériences sur des lapins, où elles étaient bien plus difficiles, parce que les canaux semi-circulaires y sont renfermés dans un os, le *rocher,* dont le nom même indique la solidité et la dureté. Ses résultats, quoique moins prononcés, se sont accordés avec ceux des oiseaux.

Le tournoiement des animaux auxquels on a coupé le canal horizontal, est tout-à-fait semblable à celui que M. Magendie avait produit, en 1824, dans des lapins auxquels il avait coupé le pont de varole. Cette ressemblance d'effet tient peut-être aux rapports intimes du nerf acoustique avec les jambes du cervelet. Des expériences encore plus nombreuses et plus variées, et portant alternativement sur le

nerf lui-même et sur les parties voisines de l'encéphale pourraient seules faire connaître le véritable point d'où partent ces mouvements, si réguliers dans leur désordre.

Le même auteur qui dans ses recherches sur la cicatrisation des plaies du cerveau, et la régénération de ses parties tégumentaires, dont nous avons donné le sommaire en 1824, a vu que les diverses parties de l'encéphale, plus ou moins divisées ou mutilées, peuvent se réunir, se cicatriser, et réacquérir, en se cicatrisant, les fonctions que leur mutilation ou leur division leur avait fait perdre, a essayé des expériences semblables sur les nerfs, et les a variées d'une façon singulière. Comme Fontana, Monro, Cruikshank, et beaucoup d'autres, il a réuni des bouts coupés d'un même nerf, et a vu ce nerf reprendre ses fonctions; mais il a, de plus, cherché à démontrer les effets qui pourraient résulter de la *réunion croisée* de différents nerfs. Il a donc fait aboutir l'un à l'autre, le bout supérieur d'un nerf, et le bout inférieur d'un autre nerf, et maintenu ces deux bouts ainsi rapprochés.

Dans tous les cas, la réunion des bouts de nerfs différents a eu complètement lieu; dans quelques-uns de ces cas, le retour de la fonction a été complet; il a été incomplet dans d'autres; dans tous, la communication des irritations par les bouts réunis, a été complète; et il y a eu ainsi *véritable continuité physiologique dans le nouveau nerf;* c'est-à-dire, dans le nerf formé par la réunion croisée des bouts de deux nerfs différents, comme *continuité de tissu.*

Les nerfs qu'il a soumis à ces expériences, sont le sciatique, le pneumo-gastrique, les nerfs du bras, etc.

Peu après l'opération, les deux bouts divisés du nerf se gonflent, se rapprochent, se collent l'un à l'autre, puis se réunissent tout-à-fait; mais le point de leur réunion offre toujours un renflement ou gonflement marqué.

Dans une expérience, M. Flourens a coupé d'abord le nerf pneumo-gastrique droit sur un point; et quand ce point a été réuni, il l'a coupé sur un autre point, et ce nouveau point s'est réuni encore.

Dans une autre expérience, il a réuni le nerf pneumo-gastrique droit à l'un des nerfs de la région cervicale, et la réunion a eu lieu de même, et de même la *continuité physiologique* ou *transmission des irritations*, s'est rétablie quoique, dans ce cas, les deux nerfs, artificiellement réunis, appartinssent, l'un aux nerfs *spinaux*, et l'autre, aux nerfs *encéphaliques*.

M. Giroux de Buzaraingue, correspondant de l'Académie, a employé, pour déterminer les fonctions des diverses parties de l'encéphale, une méthode qui lui est particulière : c'est de constater les altérations occasionnées dans différents moutons par la maladie connue sous le nom de tournis, et de reconnaître, après la mort, la place qu'occupait dans le cerveau l'animal parasite ou hydatide qui produit cette maladie, le *tænia cerebralis* de Gmelin, ou *cœnurus* de Rudolphi. Dès 1821, M. Giroux avait annoncé que le développement de ce parasite est en rapport constant avec l'âge de l'agneau, que le nombre des agneaux atteints de tournis est en rapport avec celui des mères affectées d'hydatides abdominales (quoique les naturalistes regardent ces dernières comme

différentes par l'espèce); et, pour ce qui concerne spécialement les fonctions de l'encéphale, qui si le tænia réside dans le cerveau, l'agneau cesse de vouloir suivre; mais que s'il réside dans le cervelet, l'agneau veut, mais ne peut pas suivre: deux faits qui s'accordent parfaitement avec les expériences de M. Flourens dont nous avons rendu compte dans notre analyse de 1822.

Mais M. Giroux a voulu aller plus loin, et s'expliquer ce qui rend l'intervention du cervelet nécessaire pour la direction régulière des mouvements. C'est dans les expériences de M. Magendie sur les fonctions des racines postérieures et antérieures des nerfs spinaux, qu'il cherche son explication. Les racines postérieures transmettent seules les sensations, les antérieures ne sont que les organes du mouvement volontaire: or, les racines postérieures pénétrant dans le cordon postérieur de la moelle, les impressions qu'elles transmettent doivent aboutir plus directement au cervelet; c'est, en quelque sorte, par son intermédiaire qu'elles arrivent au cerveau; ainsi, quand le cervelet est lésé, l'animal ne reçoit plus de notions nettes des corps sur lesquels portent ses extrémités; ses pieds sont devenus insensibles, il n'a plus de moyen de juger de la direction qu'il doit donner à ses mouvements, et, dans cette incertitude, il cherchera à se coucher ou à s'appuyer contre quelque corps solide.

C'est ce que M. Giroux a en effet observé sur des animaux de plusieurs espèces.

L'ivresse, qui altère les mouvements à peu près comme ferait la lésion du cervelet, rend aussi la plupart des sensations très-obtuses, et notre auteur ne s'en tient point à cette remarque; plusieurs des faits connus, relatifs au sommeil

produit par le vin ou par l'opium, à la nature des songes qui les accompagnent, aux phénomènes du somnambulisme, lui paraissent prouver la part que le cervelet à aux sensations, et surtout au souvenir que l'on en conserve.

C'est, selon lui, par le cervelet que le passé devient présent pour le cerveau, et que les actes successifs de l'animal peuvent se coordonner entre eux; mais le cervelet n'a point d'influence directe sur ces actes, et le cerveau seul peut les commander.

Que si l'animal, après l'ablation du cervelet, conserve certains mouvements plus entièrement que d'autres, c'est qu'il en avait contracté une plus grande habitude; ainsi une grenouille nage encore alors, et ne saute plus; un oiseau fait plus d'usage de ses ailes que de ses pates; l'homme même, dans les hémiplégies du cervelet, conserve plus de faculté motrice dans les bras que dans les jambes; les animaux rentrent alors sous ce que M. Giroux appelle l'empire de l'instinct, c'est-à-dire de l'association primitive et immédiate des mouvements avec les sensations, telle que l'auteur la conçoit, par exemple, dans les reptiles que l'on a privés de tout leur encéphale.

Il fait remarquer que la faculté de se mouvoir sans cerveau et sans cervelet est d'autant plus grande dans l'animal qu'il a plus d'instinct et moins d'intelligence, moins d'habitude des associations intellectuelles.

Lorsque l'hydatide du tournis n'attaque qu'un hémisphère, la maladie ne se montre souvent qu'à 18 mois ou deux ans, bien que l'hémisphère attaqué soit quelquefois entièrement détruit, mais alors elle se montre presque subitement, et, selon M. Giroux, parce qu'alors le crâne cessant de croître,

l'hydatide, en se développant toujours, vient à comprimer l'hémisphère sain; et, quand sa situation est telle qu'il peut promptement exercer cette compression sur les deux hémisphères, les symptômes extérieurs de la maladie se montrent beaucoup plus tôt. C'est du côté de l'hémisphère lésé que l'agneau tourne; mais c'est de l'œil du côté opposé qu'il perd la vue. Lorsque ni l'un ni l'autre œil n'est encore lésé, il ne tourne pas, ce qui fait penser à notre auteur que c'est plutôt pour ne pas se heurter du côté où il ne voit point que par aucune autre cause qu'il dirige ainsi son mouvement.

M. le docteur Foville, médecin de l'hospice des aliénés de Rouen, a présenté à l'Académie un mémoire sur le cerveau, où il envisage encore d'une manière nouvelle les liaisons des diverses parties de cet organe entre elles et avec la moelle de l'épine, qu'il regarde comme analogue, par sa composition, avec le cerveau lui-même. Nous avons déja fait connaître, dans notre analyse de 1823, un mémoire de M. Bailly, sur cette analogie de composition, mais M. Foville ne l'envisage pas tout-à-fait de même; il considère la moelle de l'épine comme formée, pour chaque moitié, de trois faisceaux : un antérieur, un postérieur, et un beaucoup plus gros formant un demi-canal dans lequel est une traînée de substance grise; les cordons sont réunis par une commissure blanche postérieure. Arrivée à la base du crâne, la moelle se renfle et constitue les pyramides antérieures, les corps olivaires, les corps restiformes et les pyramides postérieures. Les corps restiformes, comme chacun sait, se prolongent dans le cervelet. Un petit faisceau, qui paraît faire suite aux corps olivaires, paraît

à M. Foville se rendre dans les tubercules quadrijumeaux; le pyramides antérieures et postérieures forment les pédoncules du cerveau, et y demeurent séparées par la substance noire de Sœmmerring; les antérieures sont les seules dont les fibres se croisent. Suivant l'auteur, et c'est ici que ses idées commencent à prendre une direction particulière, le faisceau formé par le pédoncule, au sortir des corps cannelés, se divise en trois plans superposés. Le plan supérieur se dégage le premier, monte et se recourbe de dehors en dedans, pour se réunir à son analogue de l'autre côté, et former le corps calleux, qui ne serait ainsi qu'une répétition de la commissure qui unit les cordons supérieurs de la moelle, et n'aurait point, avec les hémisphères mêmes, cette liaison que M. Gall lui attribue, lorsqu'il le regarde comme leur commissure. Le plan intermédiaire, le plus considérable des trois, marchant en dehors du précédent, et se prolongeant de toute part en dedans de la substance corticale, forme la principale masse des hémisphères. Le troisième plan, qui est le moins épais, à la même étendue que le second; mais sa direction est tout-à-fait opposée, et ses fibres, partant du bas des corps cannelés, sont employées, les unes à donner une expansion pour le lobe temporal, les autres à gagner la corne d'ammon, et à se continuer avec les corps frangés dans la voûte à trois piliers, enfin à former le *septum lucidum* ou cette cloison qui s'élève de la voûte aux corps calleux.

Dans les jeunes enfants, ces trois plans qui terminent le pédoncule se séparent facilement, et ne sont, pour ainsi dire, que superposés. M. Foville croit même que, si quelquefois leur adhésion est telle que leur séparation ne puisse avoir lieu, c'est par une altération maladive.

M. Foville pense que cette théorie de la composition du cerveau explique les faits, d'où il résulte que, dans les maladies nerveuses débarrassées de complication, qui portent sur les facultés mentales, on trouve toujours la lésion apparente dans la matière cendrée des circonvolutions, et que c'est dans les parties centrales et médullaires que cette lésion se montre, lorsqu'il n'y a d'affecté que la faculté locomotrice.

MM. Isidore Geoffroi-Saint-Hilaire et Martin, ont présenté des recherches intéressantes sur des canaux qui communiquent de l'intérieur de l'abdomen dans les corps caverneux des tortues et des crocodiles, et même, à ce qu'il paraît, à l'extérieur.

On savait, depuis long-temps, que dans les raies et dans d'autres poissons, il existe, à la surface du corps, aux côtés de l'anus, deux petits orifices, qui aboutissent dans l'intérieur de l'abdomen, et même que la cavité du péricarde communique par des orifices semblables avec celle de l'abdomen; d'où il résulte, pour le dire en passant, qu'il s'en faut beaucoup que les membranes séreuses forment toujours, comme l'avait cru Bichat, des sacs sans issue.

Dans la tortue, ce n'est pas d'une manière aussi apparente que se fait cette communication; un premier vestibule commun y reçoit le rectum, et est séparé par un étranglement d'une cavité plus profonde, dans laquelle aboutissent les uretères et les oviductus, ou les canaux spermatiques, et au fond de laquelle s'ouvre une vessie divisée en deux lobes; car, dans cet animal, ce n'est pas dans la vessie que se rendent les uretères, mais bien dans cette cavité intermédiaire,

que M. Geoffroy le père nomme canal uréthro-sexuel, exactement comme il l'a observé dans l'ornithorhinque.

Le gland, soit du pénis, soit du clitoris, s'attache à la partie antérieure de la cavité uréthro-sexuelle, et le premier la remplit lorsque l'érection ne le fait pas se montrer en dehors.

M. Cuvier avait déja fait connaître, dans son anatomie comparée, deux canaux qui, venant de l'abdomen, pénètrent dans le pénis, et suivent toute la longueur des corps caverneux jusque dans le gland. Ce sont ces deux canaux que MM. Martin et Isidore Geoffroy ont retrouvés dans le clitoris, et de plus ils ont reconnu qu'ils ne se bornent pas à y pénétrer; mais que par une infinité de pores ils communiquent avec les cellules des corps caverneux, et même, en pressant le gland, après l'avoir injecté, ils ont vu sortir de son extrémité deux gouttelettes de l'injection, ce qui leur fait penser qu'il y a, à cet endroit, une communication libre de ces canaux avec le dehors. De l'examen de cette structure, ces jeunes anatomistes concluent que ces canaux péritonéaux conduisent au dehors quelque partie du liquide ou de la sérosité du péritoine.

Dans le crocodile, la communication avec l'extérieur est beaucoup plus évidente. Les canaux péritonéaux s'ouvrent directement dans le cloaque, aux deux côtés du gland et chacun par un orifice entouré d'un petit bourrelet et facile à apercevoir; et même, dans le crocodile mâle, ils donnent une branche qui pénètre sous les téguments du pénis, elle termine en cul-de-sac à côté du gland.

On n'a rien trouvé de semblable dans les oiseaux ni dans plusieurs poissons osseux; mais nos auteurs pensent que les

conduits découverts par M. Gærtner dans les parois du vagin de la truie, et qui, d'une part, s'ouvrent près du méat urinaire, et, de l'autre, semblent se perdre dans le ligament, large, pourraient bien être des vestiges de ceux que l'on trouve si développés dans le crocodile et dans les raies, et dont des vestiges d'un autre genre se voient dans la tortue.

Nous avons dit en 1827 que, d'après les expériences répétées de M. Giroux de Busaraingue sur la reproduction des animaux, le sexe du produit dépend surtout de la vigueur relative des pères et mères. Ce résultat vient encore d'être confirmé d'une manière assez positive. Un troupeau de 50 brebis de 2, 3, 4, 5 et 6 ans avait été partagé en deux moitiés, et l'on avait distribué les béliers de manière qu'une moitié devait produire plus de mâles, l'autre plus de femelles. Sur la moitié composée des brebis les plus fortes, couvertes par des agneaux de huit mois seulement, et bien nourries, 23 ont été fécondées, et elles ont donné sept mâles et dix-huit femelles : il y a eu deux doubles portées, dont une d'un mâle et d'une femelle, l'autre de deux femelles.

L'autre moitié n'a pas aussi bien répondu au but que l'on se proposait, qui était d'y multiplier les mâles; mais M. de Busaraingue attribue ce défaut de réussite à l'indocilité d'un jeune berger qui ne suivit pas ses instructions.

Cet observateur a fait une remarque qui n'est pas étrangère au sujet, c'est que les brebis atteintes avant la monte de la pourriture, qui est une affection du foie, donnent beaucoup plus de mâles, ce que l'on peut expliquer par leur faiblesse; mais d'un autre côté il a trouvé que les femmes phthisiques

et les vaches atteintes de maladies du poumon produisent plus de femelles, ce qui semble contrarier le premier résultat : l'inverse a lieu dans les affections pulmonaires des mâles.

Dans les diverses naissances d'un agnelage, on remarque généralement une prédominance du sexe féminin dans le commencement et à la fin. C'est que, d'une part, les plus fortes brebis demandent le bélier les premières, et que, de l'autre, plusieurs de ces brebis fortes le demandent deux fois.

ZOOLOGIE.

L'histoire naturelle des animaux, a donné lieu, cette année, a des travaux aussi importants que multipliés ; il n'est presque aucune classe, presque aucune fonction sur laquelle n'aient porté les observations des naturalistes.

M. Geoffroy Saint-Hilaire, dans son cours sur les mammifères, qui a été publié au moyen de la sténographie, a traité avec détail de l'histoire de la taupe, et a communiqué à l'Académie plusieurs des articles de ses leçons qui la concernent.

Depuis long-temps on sait que malgré la petitesse extraordinaire de son œil, la taupe n'est pas insensible à la lumière, et même, d'après des observations récentes, il paraît que sa vue est assez délicate ; quelques anatomistes pensent néanmoins qu'elle n'a pas de nerf optique, et ils en concluent que le sens de la vision est dévolu chez elle au nerf de la cin-

quième paire; mais d'autres anatomistes croient lui voir le nerf optique ordinaire, excessivement grêle, il est vrai, mais partant du même point du cerveau, se collant au nerf de la cinquième paire, et se rendant avec lui dans l'œil.

Quoi qu'il en soit, M. Geoffroy a recherché les causes qui ont pu réduire l'œil de la taupe à de si petites dimensions, et annuler ou amoindrir à ce point son nerf optique. Il les trouve dans le développement démesuré de l'appareil olfactif, dans la grandeur de ses conques nasales, dans la grosseur de son nerf maxillaire supérieur, et surtout dans le volume extraordinaire des lobes olfactifs de son cerveau. L'étendue qu'ils exigent dans l'ethmoïde, est ce qui, selon M. Geoffroy, restreint le sphénoïde antérieur, et le rend à-la-fois plus petit et plus dense, refoule les frontaux, et ne leur permet, ni de concourir à la voûte de l'orbite, ni de s'étendre sur les lobes cérébraux.

M. Geoffroy, qui adopte l'opinion que le nerf optique n'existe pas dans le crâne, pense néanmoins que ce nerf existe du côté de l'œil, mais que, ne pouvant pénétrer dans le crâne par la voie ordinaire, obstruée à cause de la compression du sphénoïde, il se voit obligé, ce sont les termes de l'auteur, *de gagner au plus près*, et ce plus près, c'est le tronc de la cinquième paire. C'est, ajoute-t-il, une disposition qui, bien que se perpétuant par la génération, n'en doit pas moins être regardée comme monstrueuse; il est arrivé là quelque chose d'analogue à ce qui arrive dans les monstres, où l'hypertrophie d'un organe amène l'atrophie de l'organe voisin.

Ce qui, au reste, est très-remarquable, et contrarie fortement plus d'une théorie sur les fonctions spéciales des divers lobes de l'encéphale, c'est que les lobes que nouvellement on

a cru devoir appeler lobes optiques, sont plutôt dans la taupe au-dessus qu'au-dessous de la grandeur proportionnelle qu'ils montrent dans les animaux qui voient le mieux.

Une difficulté non moins sérieuse embarrassait les naturalistes dans l'organisation de la taupe, c'est la manière dont elle met bas; car ses fœtus, très-grands à proportion, excèdent de beaucoup les proportions de son bassin, et il leur serait d'autant plus impossible de le traverser, que les os innominés sont soudés de la manière la plus intime avec le sacrum; mais ces mêmes os ne se joignent pas l'un à l'autre à la suture pubienne, en sorte que le rectum, le vagin et l'urèthre, qui, dans la taupe femelle, a un orifice extérieur et indépendant de celui de la génération, n'ont pas le bassin à traverser, mais qu'ils sont placés dessous, ou plutôt dans cette espèce de rainure laissée par l'écartement des os pubis. Le bassin ne gêne donc nullement la marche des fœtus, qui, traversant, comme à l'ordinaire, le vagin, viennent au jour en dilatant la vulve, sans qu'aucun appareil osseux arrête cette dilatation. Cette explication, donnée, il y a quelques années, par M. Breton, habile naturaliste de Grenoble, satisfait pleinement à la difficulté, et M. Geoffroy cherche à en tirer parti pour expliquer cette disproportion qui a lieu dans la taupe entre l'organe de l'olfaction et celui de la vision. Dans les gestations ordinaires, ce dernier est plus développé; l'autre au contraire l'est moins qu'à l'état adulte. Une gestation prolongée doit donc favoriser l'organe de l'odorat; et des petits qui restent assez longtemps dans l'utérus pour y acquérir la grosseur de ceux de la taupe, doivent avoir de grandes narines et de petits yeux.

L'auteur a découvert sous les vertèbres lombaires de cet animal, huit petits osselets supplémentaires, qui empêchent

cette région de fléchir, et donnent à ses reins la force nécessaire pour soulever et écarter la terre sous laquelle elle vit. Il a reconnu un fait non moins curieux, c'est que jusqu'à l'âge de six mois, la taupe a son vagin fermé par une sorte d'hymen, mais complet et sans ouverture, au point que, jusqu'à cet âge, on ne distingue que difficilement les mâles des femelles. Un petit os conique et très-pointu dont le pénis est pourvu à son extrémité, paraît destiné à vaincre cet obstacle. L'urètre de la femelle traverse le clitoris absolument comme dans le mâle il traverse le pénis; et dans ce dernier, la vessie débouche dans une poche où arrivent aussi les canaux déférents, dans une espèce de vésicule séminale.

Notre auteur donne sur les habitudes de la taupe, des détails non moins intéressants que sur son anatomie. Un taupier nommé Lecourt, déja bien connu des naturalistes, parce que feu M. Cadet Devaux a publié de ses observations, avait imaginé des moyens ingénieux de suivre de l'œil les mouvements que la taupe exécute sous la terre, et il assurait que lorsqu'on l'y effraie, elle se transporte avec une rapidité surprenante d'un point de ses canaux à un autre. Il allait jusqu'à dire que cet animal, qui rampe avec tant de peine sur la terre, allait dessous plus vite qu'un cheval au galop. Cette grande force musculaire suppose une puissante respiration; et en effet, la taupe a soin de ménager d'espace en espace des ouvertures pour aérer ses terriers.

C'est une bête très-vorace et très-cruelle; M. Flourens a observé que la faim la tue très-vite, et que rien que des matières animales ne peut la satisfaire. Aucune ne passerait plus de douze heures sans manger; après six heures d'abstinence, elles sont déja d'une extrême faiblesse. D'ordinaire,

elle se nourrit de vers et d'insectes; mais si l'occasion se présente de saisir une proie plus importante, un oiseau, un petit quadrupède, une grenouille, elle se précipite dessus avec fureur, l'attaque par le ventre, lui dévore les entrailles en écartant avec ses mains les bords de la plaie et en pénétrant toujours plus avant dans son corps, sans être arrêtée, ni par la présence de l'homme, ni par aucun bruit que l'on fasse pour l'effrayer; elle n'épargne pas sa propre espèce, et si l'on en enferme deux ensemble sans nourriture, la plus faible est dévorée du soir au matin; ses os même disparaissent, il n'en reste que la peau fendue le long du ventre.

De toutes les familles de mammifères, celle dont les naturalistes ont fait connaître, dans ces derniers temps, le plus d'espèces nouvelles, et où ils ont constaté le plus de ces différences de détail propres à former des subdivisions des degrés appelés genres et sous-genres, c'est celle des cheiroptères ou chauves-souris. On y a distingué presque autant d'espèces que dans tout le reste de la classe. Les genres dont une première ébauche avait été proposée en 1796 par MM. Geoffroy et Cuvier, ont été, depuis lors, perfectionnés et multipliés surtout par M. Geoffroy Saint-Hilaire le père. MM. Temminck, Desmarets, Paul Savi, Frédéric Cuvier, Leach et d'autres savants s'en sont également occupés, et ont enrichi cette famille de leurs contributions.

Tout récemment, M. Isidore Geoffroy a présenté un Mémoire sur ceux des cheiroptères qui se nourrissent de fruits, et que l'on comprenait encore, il y a quelque temps, tous, sous le genre des roussettes ou pteropus. Tous ont en effet

le doigt index de leur aile plus complet que le reste de la famille; mais ils diffèrent par le nombre des incisives et d'autres particularités. Ainsi les *céphalotes* n'ont point d'ongle à l'index : et parmi elles, M. Geoffroy le père sépare encore, comme genre, sous le nom d'*hypoderme*, la céphalote de Péron qui a les ailes attachées ensemble sur le milieu du dos; il sépare des roussettes ordinaires, sous celui de *pachysoma*, la roussette à masque de Temminck, et quelques espèces voisines qui ont quatre molaires de moins que les autres; M. Frédéric Cuvier, de son côté, en a distingué, sous le nom de *macroglosse*, la *kiodote* ou *pteropus minimus*, dont le museau est plus long, plus menu et où les mâchelières laissent quelques espaces vides. Le Mémoire de M. Isidore Geoffroy a pour objet d'ajouter une nouvelle espèce à la liste des roussettes proprement dites, et une à celle des pachysomes.

Tout le monde sait que les êtres organisés arrachés par l'homme à leur séjour naturel, et soumis par lui à d'autres conditions d'existence, éprouvent des modifications assez notables, dans leur grandeur, dans leurs couleurs, et dans quelques détails de leurs formes, et surtout de leurs téguments, modifications limitées cependant, et qui, du moins dans l'état actuel du globe, n'excèdent pas certaines bornes assez étroites. Il se produit aussi des modifications analogues dans les êtres qui, sans avoir été assujettis par l'homme, se trouvent transportés dans des circonstances différentes de celles de leur premier séjour, et toutefois encore assez semblables pour ne pas détruire leur race. Mais les modifica-

tions de ce genre sont beaucoup moins fortes que celles qui naissent de l'action suivie de l'homme; et aucune des espèces sauvages, à quelque distance qu'elle se soit propagée, ne nous montre rien d'approchant de ce que nous voyons dans les animaux domestiques, dans les chiens, par exemple, dans les bœufs ou dans les moutons. On s'est fort occupé de ces variations des animaux produites par la domesticité, et les naturalistes ont essayé d'en suivre les divers degrés autant que l'histoire des espèces a pu les leur indiquer; mais il y avait un autre genre de modifications qu'il n'était pas moins intéressant d'étudier: ce sont celles qu'éprouvent les races domestiques, lorsque abandonnées par l'homme, et rendues à leur liberté primitive, elle reprennent leur vie sauvage, et se sustentent elles-mêmes conformément à leurs goûts naturels, et autant que la contrée où on les a jetées peut y subvenir.

C'est ce que M. le docteur Roulin a cherché à faire sur les animaux que les Espagnols ont transportés dans l'Amérique méridionale, et qui y vivent maintenant à l'état sauvage.

Une première remarque qu'il a faite, c'est le retour de ces races vers l'uniformité du pelage; tous les chevaux y sont bai-brun, les ânes gris-foncé et les porcs noirs. Elles reprennent aussi jusqu'à un certain point les habitudes et les formes que la domesticité avait altérées. Les oreilles du porc se redressent; son crâne s'élargit; le courage de l'âne reparaît, et néanmoins il reste aussi des traces de la domesticité. Les chevaux sauvages vont l'amble, selon M. Roulin, parce qu'ils viennent de bidets que l'on avait exercés à cette allure; les chiens provenant de meutes que l'on employait à la chasse des pécaris, conservent encore les moyens d'attaque et de

défense auxquels ils avaient été dressés; mais les vaches, comme si elles n'eussent jamais eu une lactation continue, ne prodiguent du lait que le temps nécessaire à l'allaitement du veau.

M. G. Cuvier a donné pour la grande collection des classiques latins de M. Lemaire, des éclaircissements sur les livres de Pline où il est question des animaux; son objet a été de déterminer les espèces dont Pline a entendu parler, et pour cet effet il a rassemblé autour de chaque article de Pline tout ce que d'autres anciens avaient dit du même animal; il a estimé ce qu'il pouvait être entré de fabuleux dans les traditions et les récits des voyageurs sur les animaux des pays éloignés, surtout à une époque où les voyageurs les plus instruits pouvaient encore passer pour fort ignorants en histoire naturelle, et il a cherché ainsi à se faire une idée de l'être, et à le reconnaître parmi ceux que les naturalistes modernes ont inscrits dans leurs catalogues. Par cette méthode il est arrivé à des résultats nouveaux et qui ne sont pas sans intérêt.

La *léoncrocotte* et le *catoblepas* lui paraissent être le *gnou;* l'*aspic* est le *coluber haje;* le nom de dauphin a été donné aussi à des squales; le *tragelaphe* est une espèce de cerf nouvellement découverte dans les Indes, qui a des bois pareils à ceux du chevreuil et dont le cou est garni de longs poils; le *lycaon* est le guépard ou le tigre chasseur; le *platanista* est le dauphin du Gange de Roxburgh; l'*acipenser*, si fameux à certaines époques chez les Romains, était le *sterlet*. Nous avons déja vu que l'auteur a retrouvé le vrai *scarus*. Le *coracin*

d'Égypte est le *bolty* ou *labrus niloticus* Lin. Les poissons des Indes qui rampent sur la terre sont les *ophicephales*. Le *phycis*, seul poisson qui construise un nid, est le *go* des Vénitiens, une des espèces de *gobius* de la Méditerranée qui en effet, d'après les observations d'Olivi, se fait une demeure de structure assez compliquée; le *chenalopex* est l'oie armée d'Égypte et non pas le tadorne; et le *chenerotes* est le souchet; l'*attagen* est le *tetras alchata* L. Les trois sortes de *blatta* mentionnées par les anciens, sont les dermestes, les ténébrions et les blaps des modernes, etc.

Le même auteur a fait paraître les trois premiers volumes de la grande histoire des poissons qu'il publie avec M. Valenciennes. Le premier contient l'histoire de l'ichtyologie et l'exposé général et détaillé de l'organisation des poissons; le deuxième commence l'histoire de la famille des perches, et en fait connaître 245 espèces, divisées en 20 genres. Le troisième volume, qui paraît en ce moment, termine cette famille, et présente 182 autres espèces distribuées en 32 genres.

On trouve dans ces deux volumes les figures de 63 espèces; et dans le premier on a représenté sur 8 grandes planches toutes les parties de l'anatomie des poissons.

Parmi les ouvrages magnifiques qui ont été consacrés dans les divers pays à représenter les productions de la nature, il n'en est point qui surpasse, pour le fini de la gravure et du coloris, celui que M. Audubon publie sur les oiseaux de

l'Amérique septentrionale, et il n'en est aucun qui l'égale pour la grandeur des planches; les aigles, les tétras s'y voient de grandeur naturelle, et quand l'oiseau n'est pas assez grand pour remplir l'estampe, il y est répété dans les attitudes qui lui sont le plus ordinaires. L'Académie en a pris connaissance avec intérêt, et c'est un grand plaisir pour elle comme pour tous les amis des sciences de voir aujourd'hui les naturalistes du Nouveau-Monde rendre avec usure à l'Europe l'équivalent de l'instruction qu'ils en ont reçue.

L'Académie a entendu deux mémoires pleins d'intérêt sur les caractères distinctifs des espèces de lézards, et sur les particularités de leur histoire naturelle, dont l'un lui a été présenté par M. Dugès et l'autre par M. Milne Edwards.

Dans le premier, l'auteur se livre à des observations anatomiques fort précieuses sur la disposition des nerfs du cerveau, et sur la prolongation du nerf spinal dans toute la moelle épinière. Il s'est assuré que ces animaux respirent comme les grenouilles et les tortues, par une sorte de déglutition de l'air, facilitée par les soupapes placées à l'orifice de leurs narines, et surtout par les six cornes de leur os hyoïde, qui soutiennent et meuvent leur pharynx. Il a aussi étudié les phénomènes de la reproduction de leur queue, dont les vertèbres perdues sont constamment remplacées par un cartilage fistuleux, dans lequel la moelle épinière se prolonge.

Ce travail est terminé par une description particulière de six espèces indigènes, que l'auteur a suivies dans les habitudes de leur vie et dans les divers degrés de leur croissance, ce qui lui a donné occasion de reconnaître que certains lé-

zards, regardés par les zoologistes comme des espèces particulières, ne sont que le jeune âge d'autres espèces bien connues; c'est ainsi qu'il a vu le lezard nommé *gentil* par Daudin, (*lacerta lepida*) prendre avec l'âge tous les caractères du grand lézard ocellé (*lacerta ocellata*); il faut donc réunir ces deux espèces; et il en est de même du *lézard vert piqueté* et du *lézard à deux raies*, du *lézard des souches* et de l'*arénicole*, etc.

M. Milne-Edwards était arrivé de son côté, sur les espèces indigènes, à des résultats semblables à ceux de M. Dugès; mais il a de plus cherché à imaginer une méthode qui pût s'appliquer à tout le genre des lézards tel qu'il est restreint aujourd'hui par les naturalistes, et qui pût servir à en caractériser les espèces, indépendamment des couleurs, de la taille et des autres différences accidentelles. C'est surtout par une étude et une comparaison soignée des plaques écailleuses qui recouvrent la tête, que ce jeune observateur y est parvenu. Leur nombre, leur configuration, leurs proportions, sont en général constantes dans chaque espèce, et en même temps assez différentes d'une espèce à l'autre, pour aider à les distinguer.

Il a appliqué avec succès sa méthode à 15 espèces, soit de France, soit de l'étranger, que l'on pourra considérer désormais comme suffisamment déterminées.

M. Dugès s'est occupé aussi d'une manière plus générale de la déglutition dans les reptiles, et a donné des observa-

tions neuves sur les changements qu'éprouve la langue des batraciens, qui, d'abord courte et peu mobile dans le tétard, devient dans la grenouille et surtout dans le crapaud un organe d'une mobilité extrême, replié à l'état de repos dans l'intérieur de la bouche, dirigé vers le gosier, mais que l'animal peut déployer subitement, et lancer ainsi à l'improviste contre les insectes dont il veut faire sa proie. L'auteur décrit avec détail les muscles qui concourent à ce mécanisme remarquable, et ceux qui produisent cet élancement et ce mouvement vibratile si connu dans la langue des couleuvres. Les os et les muscles dont dépendent les mouvements des mâchoires dans ces derniers animaux sont aussi décrits avec le plus grand soin ; mais ces faits n'étant pas de nature à être présentés en abrégé, ni même à être bien compris sans figures, nous sommes obligés de renvoyer nos lecteurs au mémoire lui-même, qui est imprimé dans les Annales des sciences naturelles, déc. 1827.

On appelle annélides, d'après M. Delamark, des vers articulés dans lesquels M. Cuvier a reconnu qu'il y a une circulation complète, et que le sang et généralement rouge comme dans les animaux vertébrés. Les uns respirent par des branchies très-apparentes, en forme de panaches, de peignes ou de filets; les autres, parmi lesquels on compte le lombric ou ver de terre, la sangsue et le petit ver d'eau douce nommé naïde, célèbre par sa force de reproduction, ne possèdent point ces organes, et respirent par des expansions vasculaires de la surface de leur corps.

M. Dugès, professeur de la faculté de Montpellier, a présenté

un mémoire sur cette famille d'annélides sans branchies, et principalement sur sa respiration. Dans la naïde, il y a un vaisseau dorsal qui fait un repli à chaque anneau et où le sang marche d'arrière en avant, et un vaisseau ventral, moins gros et moins flexueux, où il paraît marcher en sens contraire.

Ces deux vaisseaux communiquent ensemble par des anastomoses, et l'on voit de chaque côté une vésicule contractile qui paraît recevoir le sang du vaisseau dorsal, et, en se contractant, le porter dans le vaisseau ventral. Sur la queue qui s'agite constamment, le réseau des anastomoses, divisé et subdivisé, forme un appareil vasculaire très-compliqué, et qui paraît à M. Dugès l'organe de la respiration.

Les lombrics ont aussi un vaisseau dorsal où le sang marche d'arrière en avant, et un vaisseau abdominal où il marche en sens contraire, et il y a de plus, près du cordon nerveux, trois filets vasculaires dont le mitoyen est assez fort. Le vaisseau dorsal et le ventral communiquent ensemble dans la région des organes génitaux, par sept ou huit rameaux transverses, divisés par des étranglements, chacun en dix ou douze vésicules qui les font ressembler à des chapelets. Ces chapelets répondent aux vésicules ou aux cœurs des autres annélides, et ils conduisent le sang du vaisseau dorsal dans le ventral. Mais les deux grands vaisseaux ont d'ailleurs une infinité de branches de communication de forme ordinaire, et dans lesquelles le sang remonte, au contraire, du vaisseau ventral dans le dorsal; et ces branches fournissent au canal intestinal une foule de rameaux qui y forment un réseau à mailles carrées, et qui recouvrent aussi le corps qui occupe tout du long une des faces externes de ce canal, et que l'on a regardé, tantôt comme une espèce de foie, tantôt comme un organe d'épuration.

Le vaisseau placé sous le cordon nerveux paraît une continuation du vaisseau dorsal, et il lui envoie, à la partie postérieure de chaque anneau du corps, une branche qui reçoit aussi une forte anastomose de celle des branches allant du vaisseau ventral au dorsal, qui se trouve la plus voisine. C'est dans ces réseaux superficiels que doit avoir lieu la respiration, et le vaisseau sous-nervien, comme l'appelle l'auteur, serait alors une sorte d'artère pulmonaire; la respiration ne serait donc pas complète, et il rentrerait dans la circulation une portion de sang qui n'aurait point été soumise à l'action de l'air. Mais ce défaut est suppléé, selon M. Dugès, par de l'oxygène arrivé par une autre voie. Les pores qui règnent le long de chaque flanc du lombric permettent à l'air que l'on y insuffle de s'introduire dans une cavité commune intermédiaire aux muscles et à l'intestin, incomplètement partagée par des cloisons transversales; cavité d'ailleurs naturellement remplie d'un liquide aqueux qui baigne le réseau intestinal. Enfin il y a encore, vers l'arrière, deux canaux dont la nature n'est pas bien connue, qui communiquent avec l'extérieur par des pores différents de ceux dont nous venons de parler, et qui peuvent aussi concourir à la respiration.

M. Dugès n'a pas pu retrouver toutes les espèces de lombrics indiquées par M. Savigny, dans un travail dont nous avons donné l'analyse en 1821, et même il n'a pu rapporter avec certitude à ces espèces les six qu'il a lui-même distinguées. Combien il est malheureux que l'état où se trouve notre savant confrère l'empêche de donner lui-même, sur son important travail, les explications nécessaires pour le mettre à la portée des observateurs!

Les sangsues ont un vaisseau dorsal, un ventral, et deux vaisseaux latéraux plus gros que les premiers, qui communiquent tous ensemble de diverses manières; le ventral envoie au dorsal des branches qui embrassent l'intestin; des communications bien plus fortes ont lieu d'un vaisseau latéral à l'autre, et il y en a aussi de ces deux vaisseaux au dorsal et au ventral ou réciproquement. Quant à la respiration, outre celle qui peut se faire à la peau, il y en a une autre qui s'exécute par des vésicules placées le long de chaque côté, et qui communiquent avec l'extérieur, chacune par un très-petit pore. Les branches qui vont du vaisseau latéral de leur côté au vaisseau ventral, fournissent, chacune à chaque vésicule, un rameau qui se subdivise à sa surface. D'autres ramifications, sur cette même cellule, aboutissent à un vaisseau inégal et un peu contourné qui retourne au vaisseau latéral, mais est entouré d'un lacis vasculaire aboutissant au vaisseau dorsal.

M. Dugès assure avoir constaté que dans l'état ordinaire, le sang du vaisseau latéral droit se dirige en arrière, et celui du latéral gauche en avant; et il est porté à croire que dans les branches transverses par lesquelles ces deux vaisseaux communiquent, les antérieures le conduisent de gauche à droite, les postérieures de droite à gauche; les vaisseaux dorsal et ventral ont alors peu d'action et ne se montrent pas beaucoup; mais il arrive aussi, dans certaines circonstances, que ces deux vaisseaux se gonflent davantage, et c'est alors que les vésicules latérales se colorent d'un rouge plus vif: néanmoins dans l'état ordinaire, les vésicules, leurs vaisseaux granulés et le tronc latéral où ils se rendent, rougissent et pâlissent alternativement de chaque côté, le sang se

rend sensiblement de la vésicule dans le vaisseau latéral, et des vaisseaux latéraux dans le vaisseau dorsal et l'abdominal, qui le distribuent aux organes, et paraissent étrangers à la respiration. Quant aux vésicules, elles reçoivent le sang par ces rameaux qui leur viennent des branches de communication qui vont du vaisseau latéral au ventral. Cette respiration par les vésicules est donc, comme celle du lombric, une respiration partielle, une respiration de reptile.

M. Dugès a fait aussi des observations intéressantes sur la génération de ces animaux. Tous sont androgynes, et plusieurs jouissent d'un accouplement réciproque. Les naïdes cependant ne paraissent pas de ce nombre; leurs organes mâles sont deux petites bourses dont les conduits aboutissent à deux orifices du onzième anneau du corps, et qui contiennent de petits corps que l'on pourrait prendre pour des animalcules spermatiques. Les organes femelles ont aussi deux orifices, mais au douzième segment; ils consistent en quatre ovaires globuleux qui communiquent avec l'extérieur par des canaux très-repliés. Les œufs, ou ce que d'abord l'on prend pour tels, sont comme ceux des sangsues des cocons qui renferment plusieurs ovules et donnent naissance à plusieurs individus.

C'est par erreur que Montègre et d'autres après lui, ont regardé les lombrics comme vivipares. Ce qu'ils ont pris pour des fœtus paraît à M. Dugès des vers intestinaux. Les ovaires au nombre de quatre de chaque côté communiquent par des canaux très-repliés avec deux oviductus grêles, que l'on n'aperçoit pas toujours, et qui aboutissent à des orifices

du seizième anneau. Rien ne confirme ce que Redi avait avancé, que les œufs expulsés des ovaires traversent tout le corps et sortent par des orifices aux côtés de l'anus.

Les seules parties que l'on puisse regarder comme les organes masculins, sont des vésicules variant pour le nombre de deux à sept de chaque côté, s'ouvrant à l'extérieur par autant de pores d'où suinte une humeur blanchâtre. Il n'y a rien qui ressemble à une verge. Les œufs de ce genre, enfouis dans la terre à peu de profondeur, contiennent le plus souvent deux petits individus, et M. Dugèz y a même vu un monstre à deux corps. Dans la grande espèce que M. Dugèz nomme *lumbricus gigas*, les œufs ont sept et huit lignes de longueur, et au moment d'éclore contiennent un lombric de deux et de trois pouces.

Sur les sangsues, M. Dugèz n'ajoute rien à ce que M. Moquin-Tandon a récemment publié dans sa belle thèse sur les hirudinées, mais il termine son travail par l'indication de divers animaux dont les œufs contiennent plusieurs ovules et donnent naissance à plusieurs individus. Il en a toujours vu deux dans ceux du taupe-grillon, cinq dans ceux de l'ancyle commune, et un de ses amis, M. Courty, en a constamment trouvé douze dans ceux de la blatte; mais on peut les considérer comme des réunions d'œufs particuliers. Dans la sangsue, le lombric, la planaire, selon notre auteur, ce sont de véritables œufs, contenant sous un seul et unique albumen plusieurs vitellus, comme il arrive quelquefois aux œufs de poule d'en contenir deux.

M. Dugèz a traité dans un autre Mémoire d'un genre d'animaux encore peu connu, et que les naturalistes désignent par le nom de *planaires*. Le corps en est plat et

mince, de substance parenchymateuse. L'auteur le divise en plusieurs genres, et en fait une famille qu'il intitule *planariées*.

Quoique très-vifs dans leurs mouvements, ces animaux sont tellement mous ou gélatineux que la moindre pression suffit pour les écraser; quand on les divise, chaque morceau continue d'avancer dans la direction que suivait la masse primitive.

Il a été impossible d'y découvrir aucuns nerfs; quelques espèces ont des orifices distincts pour l'entrée et pour la sortie des aliments; en d'autres, il n'y a qu'une seule ouverture, quelquefois en forme de suçoir ou de petite trompe. La cavité alimentaire se présente souvent comme un sac d'où partent de nombreuses ramifications arborisées, qui, dans les espèces qui sucent d'autres animaux, et notamment dans le *planaria lactea*, qui attaque surtout les naïdes, se distinguent aisément à l'œil, par la couleu du sang dont elles se remplissent, du fond blanc sur lequel elles rampent.

M. Dugèz a cru y apercevoir une sorte de système circulatoire; les petites espèces observées au microscope lui ont offert un courant continuel en deux sens, que les molécules tenues en suspension dans le fluide nourricier rendaient très-sensible.

Il a pu aussi s'assurer, sur une grande espèce, de l'existence simultanée des organes mâles et femelles, d'un véritable androgynisme qui nécessite, comme dans les sangsues, un double accouplement; enfin, il en a observé une, dont les œufs pondus en masse pulpeuse, et enveloppés d'une coque cornée, donnaient le jour chacun à sept

ou huit petites planaires; mais il y en a d'autres qui se reproduisent par boutures comme les polypes.

Il nous paraît résulter de tous ces faits que les planaires sont fort voisines des *Douves*, ainsi que M. Cuvier l'avait autrefois conjecturé, ce qui n'empêcherait pas qu'elles n'eussent aussi quelques rapports d'économie, plutôt encore que d'organisation, avec les sangsues; mais l'absence de nerfs, de fibres musculaires, et même d'un système clos de vaisseaux, ne permet pas de les en rapprocher absolument.

M. Dugès divise sa famille des planariées en trois genres: les *planaires* qui n'ont qu'un seul orifice alimentaire, situé sous la partie moyenne; les *dérostomes*, qui l'ont unique aussi, mais situé sous l'extrémité antérieure; et les *prostomes*, où il y a un anus et une bouche en forme de trompe. Les observations très-suivies, les descriptions et les figures soignées qu'il donne des espèces qu'il a eues à sa disposition, rendent son travail d'autant plus précieux pour la zoologie, qu'il porte sur des êtres à peine connus jusqu'à ce jour par leur extérieur.

M. de Blainville a publié cette année, et présenté à l'Académie, deux ouvrages extraits en partie des articles qu'il a fournis au Dictionnaire des sciences naturelles, et qui se rapportent aux mêmes sujets que les Mémoires dont nous venons de parler.

Le premier est une monographie des hirudinées, c'est-à-dire de la famille des sangsues, qu'il considère sous le point de vue de leur anatomie, de leur histoire naturelle, et de leurs usages, et dont il énumère trente-six espèces bien

déterminées, les divisant en douze sections, ou plutôt en douze genres, à chacun desquels il rapporte les genres correspondants, déja proposés par ses prédécesseurs, et nommément par MM. Savigny, Rudolphi, Oken, Leach, Johnson, Carena et Moquin-Tandon; car les sangsues, devenues si célèbres en médecine, ont dû attirer plus que jamais l'attention des naturalistes.

Le dernier de ceux que nous venons de citer, M. Moquin-Tandon, a publié à Montpellier une autre monographie de cette même famille, où il en rapporte à peu près le même nombre, mais ne les divise qu'en huit genres. Bien auparavant, M. Savigny les avait divisées aussi en huit genres, mais un peu autrement que ne le fait M. Moquin. Le lecteur sentira qu'il nous serait impossible, dans un travail tel que le nôtre, de spécifier et de comparer toutes ces variations de momenclature sur un seul groupe assez borné d'animaux.

Cette impossibilité se fait mieux sentir encore pour l'autre ouvrage présenté par M. de Blainville. C'est l'article *vers* du Dictionnaire des sciences naturelles, imprimé à part sous le titre de *Manuel d'helminthologie*, et accompagné de belles planches. L'auteur y a réuni les détails les plus étendus sur l'organisation intérieure et extérieure des animaux qu'il nomme *Entomozoaires sans pieds articulés*, et parmi lesquels il comprend, non-seulement les annélides ou vers communément appelés à sang rouge, mais encore les vers intestinaux, et les genres des siponcles et des planaires. Il les divise selon qu'ils ont des soies qui leur tien-

nent lieu de pieds, ou qu'ils en manquent, en *chétopodes* et en *apodes:* sa première classe, les chétopodes, qui comprend toutes les annélides, les sangsues exceptées, se divise suivant le plus ou moins d'uniformité des appendices qui adhèrent aux segments de leur corps, en *hétérocrisiens*, *paromocrisiens* et *homocrisiens*. Les serpules, les sabelles et tout ce qui en a été démembré, forment le premier de ces ordres; les arénicoles et les climènes le second, et dans le troisième sont comprises les aphrodites, les néréides, les naïdes, les lombrics, et toutes les divisions introduites dans les anciens genres. Ces divisions, ouvrage des naturalistes récents et de M. de Blainville lui-même, donnent aujourd'hui, pour les trois ordres, trente-six genres, sous lesquels s'enregistrent encore quarante sous-genres.

La deuxième classe, celle des entomozoaires apodes, comprend quarante-deux genres.

Ces apodes se divisent surtout d'après la forme de la tête; il y en a quatre ordres : les *onchocéphalés*, qui ne comprennent que les intestinaux nommés linguatules et prionodermes; les *oxycéphalés*, où entrent les vers filiformes intestinaux, tels qu'ascarides, strongles, etc., et même des vers vivants au-dehors, mais à peu près de même forme, tels que les gordius, et même les vibrions; les *proboscéphalés*, ou vers à trompe, dont les uns, les échinorynques et les caryophyllés, sont aussi intestinaux, et les autres, tels que les siponcles, vivent au-dehors; enfin les *muzocéphalés*, qui comprennent d'une part toutes les sangsues, divisées comme nous l'avons dit, et de l'autre, quelques genres soit extérieurs, soit intestinaux, qui ont des ventouses analogues à celles des sangsues.

Mais l'auteur joint à ces classes une troisième et nombreuse série qu'il nomme *parentomozoaires* ou *subannélidaires*, et qui comprend, d'une part, sous les noms faciles à entendre de *aporocéphalés*, *porocéphalés*, et *bothriocéphalés*, certains vers extérieurs de forme cylindrique et allongée, les planaires, les douves et leurs démembrements, et enfin tous les genres que l'on a formés avec celui des tænia. Il y a encore trente-neuf genres dans ces parentomozoaires.

Ce sont donc en tout cent dix-sept genres dont M. de Blainville fait connaître, avec beaucoup de soin, les auteurs, les caractères distinctifs et les diverses et nombreuses nomenclatures, se bornant, quant aux espèces, à l'indication des plus marquantes ou de celles qui peuvent donner l'idée la plus nette des genres auxquels elles appartiennent.

Cet ouvrage est fait sur le même plan que le Manuel de malacologie, publié par l'auteur il y a trois ans, et rendra les mêmes services à ceux qui veulent se mettre au courant des progrès rapides que fait chaque jour l'histoire naturelle systématique.

M. DE BLAINVILLE a aussi concouru avec MM. Vieillot à la rédaction de la Faune française, ouvrage où l'on se propose de donner l'histoire et la figure des animaux de toutes les classes qui habitent la France. Il en a déjà paru une vingtaine de livraisons in-8°, accompagnées de jolies planches coloriées.

MM. AUDOUIN et MILNE-EDWARDS, qui ont associé leurs

efforts pour enrichir de nouvelles observations l'anatomie et la physiologie des crustacés, et dont nous avons déja fait connaître les recherches sur les organes de la circulation dans ces animaux, ont présenté cette année à l'Académie des Mémoires sur leur respiration et sur leur système nerveux.

Quand on observe ce système dans les espèces les plus éloignées par la forme extérieure, il présente des différences assez frappantes; mais lorsque l'on examine les espèces de formes intermédiaires, on y trouve aussi des systèmes nerveux correspondants, en sorte que, dans cette famille comme dans toutes les autres, on passe par des degrés insensibles d'une organisation à l'organisation en apparence la plus opposée.

On savait, depuis long-temps, que les crustacés ont le même système nerveux que les insectes, c'est-à-dire que leur cerveau, placé au-dessus de la bouche ou de l'œsophage, donne deux cordons qui, après avoir embrassé plus ou moins directement cette partie antérieure du canal alimentaire, marchent près l'un de l'autre tout le long du ventre de l'animal, en se renflant et s'unissant d'espace en espace par des ganglions, d'où sortent les nerfs des pieds et des diverses parties de la queue; et l'on avait remarqué que dans les crabes, c'est-à-dire dans les écrevisses rondes, larges et à queue courte et infléchie, au lieu de deux cordons renflés d'espace en espace, il n'y a sur le ventre qu'une masse d'apparence simple, qui donne les nerfs comme des rayons aux parties environnantes. Ce sont les passages d'une de ces dispositions à l'autre, que MM. Audouin et Milne-Edwards se sont attachés à reconnaître.

Ainsi dans les *talitres*, sorte de crevette allongée, les deux

cordons ventraux ne se confondent point, et ont chacun dix ganglions et dix filets d'union, espacés comme les anneaux dont leur corps se compose.

Dans les cloportes on ne compte que neuf paires de ganglions, dont les deux premières et les deux dernières sont presque confondues; dans les cymothoés ou cloportes marins, les ganglions sont unis par paires, quoique les parties des cordons, qui vont d'une paire à l'autre, demeurent distinctes.

Dans les phyllosomes, petits crustacés minces et larges comme des feuilles, les cordons très-longs et très-minces dans leur partie qui embrasse l'œsophage, demeurent assez écartés dans celle qui répond aux pieds; les ganglions du même cordon y sont très-rapprochés, mais ne s'unissent à ceux de l'autre que par des filets transverses; et dans la partie de la queue, qui est fort courte, les cordons sont presque confondus. Dans le homard, dans l'écrevisse, les cordons, distincts dans la partie thorachique, mais à ganglions unis par paires, s'unissent eux-mêmes en un seul dans la queue. C'est dans la crevette ou salicoque ordinaire (le palœmon des naturalistes), que la partie des cordons qui appartient au thorax, et qui fournit des nerfs aux pieds, commence à se raccourcir par le rapprochement des diverses paires de ses ganglions, en sorte que les nerfs, fournis par les dernières paires, sont obligés de se porter obliquement en arrière pour se rendre à leur destination. Du reste, les cordons s'unissent en un seul tout le long de la queue, et les ganglions y sont comme à l'ordinaire espacés à peu près comme les anneaux.

Ce rapprochement est encore plus marqué dans la langouste: les ganglions du thorax, sans rétrécissements inter-

médiaires, n'y forment presque qu'un cylindre continu, perforé sur la dernière moitié de sa longueur pour le passage d'une artère; mais la queue a son cordon unique et ses ganglions espacés comme dans les autres écrevisses à longue queue.

Enfin dans les crabes, les ganglions thorachiques ne forment qu'une masse, soit annulaire comme dans le crabe, soit ronde et pleine comme dans le maia, d'où les nerfs des pieds partent comme des rayons. La portion des cordons qui se rend à la petite queue n'a plus même de ganglions apparents, de sorte qu'elle présente l'apparence d'un nerf impair, mais semblable aux autres.

Les auteurs, pendant les recherches qu'a exigées cette comparaison des systèmes nerveux des crustacés, y ont fait d'autres observations intéressantes, entre autres celle d'une traverse nerveuse, qui unit souvent en arrière de l'œsophage les parties de cordons qui l'embrassent, et celle des nerfs de l'estomac qui naissent de ces parties mêmes.

Dans leurs recherches sur la respiration des crustacées, MM. Audouin et Milne-Edwards n'ont pas confirmé l'opinion proposée il y a quelque temps, et d'après laquelle ces animaux auraient, outre leurs branchies, un organe plus ou moins analogue aux poumons des classes qui respirent l'air en nature. S'ils peuvent vivre hors de l'eau pendant un temps plus ou moins long, c'est que la disposition de leur cavité branchiale leur permet de retenir ce liquide comme dans une sorte de réservoir, et d'humecter ainsi à un degré suffisant les lames ou les filets dont leurs branchies se composent.

Les espèces qui passent beaucoup de temps à terre sont celles où la membrane qui tapisse intérieurement cette cavité, se repliant sur elle-même, forme des cellules ou des rigoles, dans lesquelles l'eau est retenue plus abondamment; organisation analogue à celle des poissons que M. Cuvier appelle pharyngiens labyrinthiques, et qui sont connus aussi pour ramper des heures et des journées entières loin des rivières, leur séjour ordinaire. Du reste, si on retient de force des crustacés quels qu'ils soient dans une petite quantité d'eau, ils s'y asphyxient, quand ils l'ont épuisée d'oxigène, plus vite que dans l'air libre; et l'air sec les tue beaucoup plus tôt que l'air humide en desséchant leurs branchies. C'est ce que MM. Milne-Edwards et Audouin ont constaté d'une manière précise, à l'aide de la chaux vive, et d'autres substances qui absorbent l'humidité.

Leur Mémoire présente d'ailleurs une description suivie des organes respiratoires dans les crustacés, et de tout ce qui concourt à leur mécanisme.

MM. Audouin et Milne-Edwards, dans la vue d'observer de plus près les crustacés, les mollusques et les zoophytes de la Manche, sont allés s'établir pendant quelque temps sur les îles ou plutôt sur les écueils de Chaussey, rochers de la mer de Granville, qui, au nombre de 58, ne sont guère fréquentés que par les ouvriers qui exploitent le granit, et n'offrent pour abri qu'une seule chaumière, mais dont les nombreux détroits sont peuplés d'une quantité de ces petits animaux que l'on peut y suivre et y recueillir avec facilité. Aussi ces jeunes observateurs en ont-ils rassemblé

plus de 600 espèces, dont 400 au moins leur paraissent nouvelles ou mal connues jusqu'ici : tant ces productions ont été négligées, lorsqu'elles ne se font remarquer ni par la grandeur ni par la singularité de leurs formes, ou l'éclat de leurs couleurs. Mais ne pouvant entrer ici dans le détail de tant d'espèces, nous nous bornerons aux faits les plus importants qu'elles ont offerts pour l'histoire naturelle générale.

Les ascidies réunies en groupes, semblables au premier coup-d'œil à ceux des polypes, et sur lesquelles M. Savigny et MM. Desmaretz et Lesueur ont publié, en 1815, de si intéressantes observations, ont attiré les premières les regards de nos jeunes observateurs.

Il restait à savoir si ces mollusques, ainsi réunis, participent à une vie commune, et jusqu'à quel point ils tiennent l'un à l'autre. MM. Audouin et Milne-Edwards assurent qu'à leur naissance chaque animal est solitaire et parfaitement libre. Ils nagent alors avec rapidité, et ce n'est qu'au bout de quelques jours qu'une partie d'entre eux se fixent sur la masse dont ils proviennent, tandis que d'autres vont au loin former de nouvelles colonies. Leur forme dans l'état de liberté est assez différente de celles qu'ils prennent après leur agrégation. Ils montrent d'abord en avant une partie renflée, percée de trois petites ouvertures, et leur arrière s'effile en une queue plus ou moins longue, qui, lorsqu'une fois l'animal est accolé à ses semblables, prend de l'épaisseur, et montre dans son intérieur les organes de la nutrition et de la génération.

Spallanzani avait observé depuis long-temps que les animaux, autrement nommés flustres, productions marines, semblables à une sorte de gaze par la minceur de leurs feuil-

lets et par les cellules qui en composent le tissu, n'étaient point faits comme ceux des coraux ordinaires, mais présentaient à leur sommet deux petites ouvertures. D'après ce fait, on pouvait conjecturer qu'ils auraient plus de rapport avec les ascidies qu'avec les polypes; et c'est ce que MM. Audouin et Milne-Edwards ont en effet constaté; M. de Blainville s'en assurait de son côté sur la Méditerranée.

Dans quelques polypes moins simples que les autres, ainsi que M. Cuvier l'a remarqué depuis long-temps sur les vérétilles, une cavité stomacale distincte paraît se continuer avec un certain nombre d'appendices ou de vaisseaux plus ou moins ondulés et contournés, et qui concourent à la vie commune des animaux composés auxquels ces polypes appartiennent. MM. Audouin et Milne-Edwards ont vérifié cette structure dans les vérétilles, les pennatules, les alcyons à polypes, et l'ont retrouvée dans les gorgones et les cornulaires.

D'autres masses, confondues aussi jusqu'à ce jour avec les alcyons, n'ont pas même de polypes, et la matière vivante y est distribuée comme dans les éponges. La seule manifestation de leur animalité, c'est que les ouvertures que l'on voit à leur surface, et qui dans une eau pure et tranquille sont béantes et traversées par le liquide, pour peu qu'on les irrite, se contractent lentement et finissent par se fermer tout-à-fait.

Les éponges ne donnent pas même ce signe de vitalité, et ne se contractent en aucune façon, bien que leur squelette soit beaucoup plus flexible que celui des masses dont nous venons de parler.

M. Milne-Edwards a fait connaître quatre petits crustacés qui, parmi un grand nombre de ces animaux découverts par lui sur nos côtes occidentales, lui ont paru offrir un intérêt particulier; parce qu'ils forment de nouveaux liens entre les formes génériques de cette classe, déja consignées dans les ouvrages des naturalistes. Ce sont presque des animaux microscopiques; le premier, nommé *Rhoé*, appartient à la famille des chevrettes ou amphipodes, et est voisin des apseudes, mais ses quatre antennes sont simples, tandis que dans les apseudes les supérieures sont bifides. Le second, nommé *Cuma*, est de la famille des monocles ou branchiopodes, et très-rapproché des condylures de M. Latreille; ses antennes supérieures n'ont qu'un article; les inférieures en ont quatre et sont plus longues. L'auteur donne au troisième le nom de *Pontie*. Il est de la même famille que le précédent et s'en rapproche par ses caractères; sa forme générale rappelle un peu les lygées; mais c'est avec les cyclopes de Müller que M. Latreille lui trouve le plus de rapport; son thorax a six anneaux, son abdomen deux, et se termine par deux appendices. L'espèce est d'un beau noir bordé de vert d'émeraude. Enfin, le dernier rentre dans un genre déja connu, celui des *Nébalées;* mais il donne à M. Edwards l'occasion d'en perfectionner la description, et les pattes branchiales qu'il y a découvertes l'engagent à transporter ce genre dans la famille des monocles.

C'est aussi un crustacé, que M. Guérin a décrit sous le nom d'*Eurypode*, mais de grande taille et appartenant à la famille des Crabes, et même voisin des *Inachus*, vulgaire-

ment appelés araignées de mer. Son principal caractère est que l'avant-dernier article de ses pattes ambulatoires est dilaté et comprimé vers le milieu de son bord inférieur. Le même auteur a décrit un crustacé de la famille des Chevrettes, remarquable, surtout, par de très-grands yeux, qui occupent presque toute la surface de sa tête. Il le nomme *Thémisto.*

M. de Blainville, dans le voyage dont nous venons de parler, a fait aussi un grand nombre d'observations nouvelles et importantes sur les animaux, et il a communiqué à l'Académie celles qui concernent la *Physale,* cette singulière production composée d'une vessie ovale, surmontée d'une crête, et d'où pendent une infinité de filaments, non moins variés pour leur longueur que pour leur structure, auxquels les zoologistes ont attribué différents usages. On a considéré cet animal comme un zoophyte, et M. Cuvier en a fait le type d'un ordre de cet embranchement, qu'il nomme *Acalèphes libres.* M. de Blainville, apercevant dans sa conformation une sorte de symétrie, a jugé qu'il devait être placé plus haut dans l'échelle; et l'examen lui ayant montré, comme à M. Tilesius, à chacun des bouts de la vessie un très-petit orifice entouré de fibres rayonnantes, il a regardé l'un comme la bouche, l'autre comme l'anus; le sac intérieur et muni de cœcums, déja décrit par M. Cuvier, lui a paru l'intestin; la crête, de nature toute musculaire, répondrait au pied, qui, dans les mouvements ordinaires de l'animal, se dirigerait en dessus comme ceux de beaucoup de gastéropodes nageurs. Deux très-petites ouvertures per-

cées au côté droit en avant, qui paraissent avoir été aperçues par M. Oken, mais que l'on ne retrouve pas toujours, seraient les orifices de la génération; enfin M. de Blainville considère les filaments innombrables et variés qui pendent sous le corps comme des branchies. L'auteur conclut de cette disposition des parties extérieures, que la physale est un mollusque, ou, selon sa terminologie, un malacozoaire, et doit être rapprochée de ceux qu'il nomme polybranches et nucléobranches, c'est-à-dire des tritonies et des ptérotrachées. Pour confirmer cette classification il serait nécessaire que la physale possédât un système nerveux, un cœur, un système vasculaire, un foie, des organes mâles et femelles de la génération avec leurs accessoires, toutes parties que M. Cuvier y a cherchées en vain. M. de Blainville n'a point encore traité de son anatomie, mais il annonce qu'il s'en occupera par la suite.

Dans ce même voyage, M. de Blainville s'est assuré de plusieurs faits importants, qu'il a communiqués sommairement à l'Académie, et dont nous croyons devoir consigner ici les principaux, en attendant que l'auteur les publie avec les détails nécessaires. L'animal des miliolites n'a point d'indice de tentacules, et ne peut, en conséquence, appartenir aux céphalopodes, comme on l'avait soupçonné d'après sa coquille. Dans les gastéropodes à sexes séparés, la coquille des femelles diffère souvent assez de celle des mâles pour que les auteurs en aient fait des espèces différentes. Les œufs de plusieurs de ces mollusques contiennent chacun un nombre de germes, comme cela arrive aussi dans le calmar. Très-sou-

vent la coquille dans l'œuf est très-différente de celle de l'animal adulte. Ce que dans les térébratules on a regardé comme des bras, ne sont que des branchies. Les acéphales à coquilles, huîtres, cames, etc., etc., n'ont absolument que le sexe femelle, et chaque genre a une terminaison particulière de ses oviductes. Les ascidies simples ont, pendant quelque temps, la faculté de changer de lieu. Les animaux des eschares, ainsi que MM. Audouin et Milne-Edwards l'ont observé de leur côté, ne sont pas des polypes, mais se rapprochent plutôt des ascidies, etc.

La zoologie continue de recevoir des accroissements prodigieux des grandes expéditions nautiques ordonnées par le gouvernement, et les services que lui rendent MM. les officiers de santé de la marine sont dignes de toute la reconnaissance des naturalistes. Cinq envois successifs, faits par MM. Quoy et Gaymard, embarqués avec la capitaine Durville, et qui ont visité avec lui plusieurs parties de la mer du Sud, et surtout les côtes de la Nouvelle-Guinée, présentent par milliers des animaux de tout genre, et l'heureuse arrivée de leur navire à Toulon assure désormais leurs riches récoltes pour la science. La gabarre du roi *la Chevrette,* commandée par M. le capitaine Fabré, et qui a parcouru le golfe du Bengale et les îles de la Sonde, a fait aussi de riches acquisitions, grace surtout au zèle du chirurgien-major M. Reynaud, qui a été parfaitement secondé par les officiers militaires.

On doit espérer que ces belles recherches seront publiées avec la même munificence que celles des compagnons de MM. Freycinet et Duperrey. On sait que la partie zoologique

du premier de ces voyages a été terminée par MM. Quoy et Gaymard avant leur départ. MM. Lesson et Garnot ne mettent ni moins d'ardeur ni moins d'instruction dans leur travail sur celle du second, qui paraît avec rapidité, et est déja arrivée à sa 19^{e} livraison.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

M. le baron Portal, toujours occupé de laisser à la postérité les résultats de son immense expérience, a présenté à l'Académie deux Mémoires dont l'un est intitulé : *Considérations sur les fièvres putrides devenues malignes ;* et l'autre, *Observations et remarques sur la nature et le traitement des hydropisies avec des palpitations du cœur et principalement sur le ramollissement de cet organe.*

Ces mémoires, remplis d'observations cliniques et d'autopsies anatomiques avec quelques remarques, pour confirmer la doctrine de l'illustre médecin, sont peu susceptibles d'extraits.

L'auteur établit, dans le premier, qu'il y a une fièvre qui tend à la putréfaction du corps, et qu'on peut appeler *putride simple*, mais qui peut souvent devenir *maligne* et être alors très-dangereuse, surtout si on lui laisse faire d'ultérieurs progrès, sans administrer le traitement qui peut les prévenir, le quinquina notamment, à différentes doses.

Dans le second, M. Portal prouve, par des faits nombreux, que l'hydropisie survient souvent à ceux qui éprouvent des palpitations de cœur. Il indique alors le traitement dont il a retiré plusieurs fois des avantages manifestes, mais qui, malheureusement, n'ont été, trop souvent, que momentanés;

les palpitations du cœur ont bien diminué, elles ont cessé même; mais c'est que le cœur s'est ramolli, et que sa substance s'est changée en une espèce d'*adipocire* bien reconnue par les autopsies; une fois cette transformation arrivée, le mal est incurable.

M. Portal a déja rapporté, dans nos Mémoires et dans d'autres écrits, plusieurs exemples du ramollissement du cœur et de plusieurs autres organes chez des individus auxquels il avait donné des soins dans leur funeste maladie.

M. Moreau de Jonnès a communiqué à l'Académie la notice des épidémies qui ont paru, en 1828, aux Antilles.

La fièvre jaune, le fléau de ces îles, ne s'est point montrée à la Guadeloupe depuis dix-huit mois, nonobstant l'arrivée de troupes assez nombreuses, et dont les soldats ne sont pas acclimatés. A la Martinique, elle a paru au mois d'octobre et durait encore en janvier dernier. Elle a commencé dans la ville de Saint-Pierre, et a fait surtout des victimes parmi les marins et dans les hôpitaux. Pendant le mois de décembre, qui a été moins meurtrier que le mois précédent, sur 46 malades, qui ont été atteints de la maladie, 25 ont succombé. Il est extraordinaire que la fièvre jaune règne aux Antilles dans cette saison de l'année, pendant laquelle la température ressemble à celle de nos printemps.

Le port de la Trinité, où jamais ce fléau ne pénétrait autrefois, a été, cette année, envahi par lui, et deux hommes y ont péri, peu de temps après l'apparition des premiers symptômes, dont la violence s'est accrue d'une manière effrayante.

Pour se préserver de pareils malheurs, le Mexique, la Colombie ont adopté diverses mesures sanitaires. Une funeste expérience ayant fait reconnaître dans les différentes parties du continent voisin des Antilles, que les irruptions de la fièvre jaune ont pour cause l'importation de cette maladie par les communications maritimes, le gouvernement de Colombie a prescrit, au mois d'octobre dernier, qu'aucun navire ne serait admis dans les ports de cette république, s'il n'était muni d'une patente de santé prouvant qu'il n'y a point de danger à le recevoir à libre pratique.

M. de Jonnès a communiqué pareillement à l'Académie les détails donnés par les documents officiels anglais et espagnols sur l'irruption de la fièvre jaune, à Gibraltar. Il en résulte :

1° Que l'importation de la maladie est attribuée au navire suédois *le Bidger*, venant de la Havane, et admis à débarquer sa cargaison à Gibraltar, dans le cours de la quarantaine, et quoiqu'il eût déja été repoussé de Cadix et de Malaga, parce qu'il avait la fièvre jaune à bord, et qu'une partie de son équipage avait succombé à la maladie dans le cours de sa traversée.

2° Que la propagation de la contagion, parmi les habitants de Gibraltar, est attribuée, d'après la haute autorité du président de la junte sanitaire de Cadix, au débarquement des effets qui avaient servi aux marins morts de la fièvre jaune pendant le voyage, lesquels effets furent vendus aux habitants pour leur usage personnel.

3° Que la maladie redoubla d'intensité, immédiatement après les événements qui firent affluer la population dans les lieux publics.

4° Qu'elle se propagea sans exception, dans les lieux où il n'existe certainement aucune cause d'infection locale, tels que le terrain neutre, qui est sec et sablonneux, et le sommet du rocher de Gibraltar, qui est sans cesse soumis à une forte ventilation.

5° Que, dans une courte période de dix-huit jours, du 16 septembre au 1er octobre, le nombre des malades sextupla et celui des morts fut triplé, malgré des mesures sanitaires auxquelles on ne peut rien reprocher, sinon d'avoir été tardives.

6° Qu'il périt pendant cette période, qui constitue celle de la plus grande violence de l'épidémie, un malade seulement sur trente, proportion trois fois moindre que dans les grandes irruptions de la fièvre jaune aux Antilles; d'où l'on peut conclure que la puissance meurtrière de la fièvre jaune n'a point atteint, à Gibraltar, le même degré que dans les contrées tropicales d'où elle tire son origine.

7° Que toutefois, le nombre des malades ayant sextuplé, dans l'espace d'un peu plus d'une quinzaine de jours, la rapidité de propagation de la maladie égala celle qu'elle possède dans ses plus funestes irruptions sous la zone torride; d'où l'on peut induire que, si la fièvre jaune a été moins dangereuse à Gibraltar que dans l'Amérique tropicale, elle n'a pas eu une puissance de transmission moins grande et moins rapide.

Une maladie d'un autre ordre, moins formidable que la fièvre jaune, mais qui s'est répandue aussi rapidement, a été signalée par M. Moreau de Jonnès, dans une communication à l'Académie. Dès le mois de janvier 1828, il parut dans les deux villes maritimes de la Martinique une épidémie dont

on n'avait pas encore eu d'exemple, et qui plus de six mois après n'avait pas encore cessé. Cette maladie simule le rhumatisme articulaire, par des douleurs aiguës dans les membres, avec tuméfaction; elle a semblé quelquefois se rapprocher de la scarlatine, par une affection cutanée, qui se développe vers le déclin du mal, mais qui, le plus souvent, n'apparaît point. Ces symptômes, qui ne semblent pas, par leur nature, devoir être redoutables, le deviennent par l'extrême violence de la douleur qu'éprouvent les malades, et qui leur arrache des cris. Ils ne le sont pas moins par la singulière extension du mal, qui attaque indistinctement l'enfant au berceau et le centenaire, et qui n'épargne les personnes d'aucune classe, ni d'aucune race. Un document officiel affirme que la moitié des habitants de la Havane en ont été atteints presque simultanément; et il a fallu construire des hospices temporaires dans plusieurs quartiers de la ville. Au demeurant, ni à Cuba, ni à la Martinique, aucun malade n'a succombé, quoiqu'il y ait eu des rechutes très-graves. Une opinion commune à la Havane, et partagée par des praticiens, est celle de l'importation de la maladie par l'escadre espagnole, que commande l'amiral Laborde, et qui, dit-on, l'a contractée, dans ses communications avec le littoral du continent américain. Le témoignage de cette opinion se trouve dans le nom indien qu'on a conservé à la maladie, en y ajoutant celui du lieu dont elle tire son origine; on l'appelle à Cuba *Banguée del Colorado.* Aux Antilles, les médecins sont fort divisés sur le mode de propagation de l'épidémie; mais ils s'accordent à reconnaître qu'ils n'en ont jamais observé de semblable; et dans les îles françaises, le peuple ne sachant quel nom lui donner, et

pour désigner ce qu'elle a d'extraordinaire et de bizarre, l'a nommée *la Girafe.*

M. Flourens a présenté des observations sur l'apoplexie du cervelet, d'où il résulte : 1° qu'il y a deux degrés distincts d'apoplexie ; une *apoplexie profonde*, ou dont le siége pénètre jusque dans le centre même de l'organe; et une *apoplexie superficielle*, ou dont le siége n'atteint que la superficie de l'organe ;

2° Qu'à chacun de ces degrés différents d'apoplexie correspondent des symptômes propres et déterminés ; à *l'apoplexie profonde*, un trouble et un désordre complets des mouvements ; et à *l'apoplexie superficielle*, une simple *instabilité*, ou défaut d'énergie musculaire et de situation fixe;

3° Que *l'apoplexie profonde* s'accompagne de *l'apoplexie superficielle ;* mais qu'il n'en est pas de même de celle-ci, qui peut exister sans l'autre, et qui n'en paraît que le premier degré, un degré précurseur qui doit éveiller toute l'attention du médecin pour prévenir le passage de la maladie au second degré.

4° Dans *l'apoplexie profonde*, M. Flourens a constamment trouvé que l'épanchement résidait dans une cavité creusée dans l'intérieur même de l'organe : dans *l'apoplexie superficielle*, au contraire, il a trouvé la superficie seule de l'organe altérée et présentant une couleur rosée ou d'un rouge tendre, couleur qu'elle devait à un nombre infini de points et de stries rouges dont elle était plus ou moins parsemée dans toute son étendue.

La propriété qu'ont les cantharides de soulever l'épiderme et de produire l'effet que l'on attend des vésicatoires, tient à un principe particulier, découvert par M. Robiquet, et qui est cristallisable et dissoluble dans l'alcool bouillant, l'éther, l'huile et les autres corps gras; il ne paraît pas intimement lié à celui qui, dans le même insecte, agit sur la vessie; et, en interposant entre le vésicatoire et la peau un papier joseph huilé, on obtient tout le bon effet du vésicatoire, en évitant une partie de ses inconvénients.

M. Bretonneau, médecin à Tours, qui a fait des observations importantes sur le mérite de ce procédé, y en a joint beaucoup d'autres sur les insectes qui jouissent plus ou moins des propriétés de la cantharide. De ce nombre est surtout un *Mylabre*, voisin de celui de la chicorée, qui, si l'on en juge par les descriptions de Pline et de Dioscoride, paraît avoir été la cantharide usitée par les anciens. C'est dans une humeur qui suinte de ses articulations qu'est contenue la substance vésicante, mais on ne peut pas l'isoler, et l'on est réduit à employer la poudre de l'animal desséché. Toutes choses égales d'ailleurs, son action est plus vive que celle de la cantharide ordinaire (*Lytta vesicatoria.* Fab.). Le *Cerocoma de Schœffer* a aussi une action très-forte; toutes les espèces de *Méloë* jouissent de la même propriété.

Pour obtenir le principe vésicant isolé, ou du moins mêlé seulement de la graisse de l'animal, M. Bretonneau traite l'insecte concassé avec de l'éther sulfurique dans un tube bien bouché, et chauffé à 40° centigrades; après le refroidissement à 30°, on introduit avec force, dans le tube, une bourre de coton qui s'imbibe de l'éther; on l'en exprime, le clarifie et l'évapore; il dépose la substance qui y est dissoute

et à laquelle la cantharidine est unie. Étendue dans l'huile, elle jouit de la propriété vésicante avec une telle précision, que les ampoules retracent jusqu'aux angles les plus aigus du papier sur lequel on l'applique; en sorte que rien n'est plus commode pour un vésicatoire que l'on veut circonscrire.

Les ouvriers qui fabriquent des toiles fines, sont obligés de se tenir dans des lieux bas qui empêchent leur fil de se dessécher trop vite, mais qui leur occasionent aussi les diverses maladies, résultats ordinaires de l'humidité. On a cherché divers encollages qui pussent remplir le même but en attirant l'humidité de l'air, et qui, pouvant être employés partout, ne fassent pas courir le même danger. MM. Doubeg, père et fils, de Rouen, en ont composé un où entre l'hydrochlorate de chaux; et il paraît que l'on en a fait usage avec succès dans les fabriques de cette ville. Si l'expérience continue à en recommander l'emploi, les auteurs auront acquis un titre au prix fondé par M. de Monthyon pour ceux qui auront rendu un art ou un métier moins insalubre.

Une excroissance cancéreuse, sortie du fond des alvéoles de la mâchoire inférieure, et qui occupait toute la partie antérieure, s'étant reproduite avec une sorte de fureur, malgré l'emploi répété du fer chauffé à blanc, devenant énorme et rendant la mastication et la déglutition impossibles, ne laissa à M. Delpech, professeur de Montpellier, d'autre parti à prendre que d'enlever la portion de l'os d'où cette tumeur émanait. Deux sections furent pratiquées à la lèvre inférieure

et au-dessous du menton; les lèvres et la joue furent séparées de la mâchoire inférieure; deux dents molaires furent arrachées sur les limites de la partie malade de l'os qui fut détachée du reste avec les précautions convenables, et dont il fallut encore séparer les membranes et les muscles qui s'y attachent; mais alors ces muscles, ne retenant plus la langue ni l'os hyoïde, la langue et l'épiglotte se rejetèrent en arrière de façon à intercepter la respiration, et l'on fut obligé de la retenir au moyen d'une érigne que l'on y implanta. Les deux portions de mâchoire restantes furent maintenues rapprochées au moyen de fils d'or attachés aux dents, et l'un de ces fils fut passé au travers de la langue pour empêcher qu'elle ne se portât de nouveau en arrière, quand l'érigne ne la retiendrait plus. Enfin, les bords des plaies furent réunis par des sutures appropriées. Malgré toutes les horreurs de ces opérations, le malade a été parfaitement guéri au bout de vingt jours; l'intervalle des branches de la mâchoire s'est rempli par une substance qui, sans être osseuse, a une solidité suffisante pour les empêcher de s'écarter l'une de l'autre pendant la mastication; la parole, la déglutition, sont aussi faciles que jamais, et même il n'en résulte pas une très-grande difformité.

M. Isidore Bourdon, qui a déja reçu des encouragements de l'Académie pour ses *Mémoires sur la respiration*, lui a présenté cette année une physiologie médicale, où il a pour but d'appliquer à l'art de la médecine les principes les plus avérés de la physiologie positive. Son ouvrage contient sur les nerfs, sur les sensations morbides, sur le pouls, sur les

bruits inspiratoires et sur la chaleur, des faits et des déductions qui ne sont ni sans nouveauté ni sans importance.

AGRICULTURE ET ART VÉTÉRINAIRE.

M. Giroux de Buzaraingue a fait connaître dans un Mémoire les circonstances dans lesquelles il est avantageux de ne point trop pulvériser la terre, mais d'y laisser des mottes et des inégalités; le blé est d'autant plus beau que ses racines ont pénétré plus avant dans la terre; mais si on l'enterre trop, il ne germe pas; les mottes ont l'avantage de le laisser germer entre elles, et de l'envelopper ensuite lorsqu'elles se délaient par l'action de l'eau et de l'atmosphère.

Le même auteur a présenté aussi des observations importantes sur les circonstances où il est plus profitable de semer serré ou de semer clair. D'après ses expériences, les plus petites variétés dans chaque espèce donnent un blé plus fin et dont l'épiderme est plus mince; la paille fine est un meilleur fourrage que la paille longue et grosse; et comme ces différentes circonstances résultent de semer serré, il conseille ce procédé, à moins que la situation et la nature du sol n'exigent une paille forte pour empêcher le blé de verser.

M. de Beaujeu, propriétaire du departement de l'Orne, qui, après avoir étudié pendant longues années tout ce qui a été écrit sur le sucre de betterave, en a établi une fabrique dans son exploitation rurale, a présenté à l'Académie les résultats de son expérience sur ce sujet important, le plus sûr

moyen, comme nous le disions il y a vingt-cinq ans, de mettre un terme à l'esclavage des noirs. Il n'emmagasine ses betteraves que nettoyées, dépouillées de feuilles et de petites racines, et prêtes à râper. Ce qui importe le plus, c'est que le jus en soit extrait immédiatement; les délais en altèrent beaucoup la qualité. L'acide sulfurique lui paraît inutile pour la défécation, et il n'y emploie que la chaux seule, mais avec la précaution de n'en ajouter qu'un petit excès. Le jus mêlé de charbon animal est évaporé, et le sirop filtré lorsqu'il est à vingt-quatre degrés; mais M. Beaujeu ne prend pas la peine de le clarifier : il en résulte qu'il entraîne un peu de charbon, mais qui s'en sépare au raffinage. L'ébullition à grand feu du sirop donne, suivant lui, tout autant de sucre que l'évaporation lente, et l'on y gagne beaucoup de temps. Ses procédés se rapprochent en un mot beaucoup de ceux que l'on suit dans les colonies pour le sucre de canne, et l'auteur les regarde comme assez certains et assez lucratifs pour affirmer que le sucre de betterave est désormais une industrie assurée à la France.

Les Annales agricoles de Roville, par M. Mathieu, de Dombasle, se continuent, et ne cessent de donner sur cet établissement d'instruction des détails pleins d'intérêt auxquels l'auteur joint des Mémoires particuliers sur des questions importantes d'agriculture. Autant la ferme expérimentale de Roville est utile aux élèves qui viennent en suivre les opérations, autant le livre où ces opérations sont consignées le sera aux amis de l'agriculture qui ne peuvent venir y profiter des leçons du directeur.

M. Huzard fils, dans un traité sur les haras qu'il a présenté en manuscrit à l'Académie, cherche à prouver que l'élève des chevaux doit se lier à l'exploitation rurale, et qu'en le dirigeant convenablement, le cultivateur, dans beaucoup de nos départements, peut en retirer un bénéfice notable, et même que ce genre d'industrie pourrait fort augmenter la valeur de certaines propriétés. Il y montre qu'avec des soins convenables les races peuvent être conservées en tout lieu, et que là où l'élève des chevaux communs ne serait point assez productif, on peut leur substituer une race plus précieuse et augmenter ainsi la valeur de ses produits. Il traite avec étendue des caractères des races, de leur propagation et de leurs mélanges, et indique en détail tout ce qui appartient à l'économie des haras. Il attribue de grands avantages à l'institution des courses, et préférerait les garde-étalons tels qu'on les avait autrefois, aux haras et aux dépôts entretenus par le gouvernement; mais nous ne pouvons entrer dans tous ces détails qui touchent à l'administration beaucoup plus qu'à la science proprement dite.

Un beau spectacle, mais que les hommes civilisés ont eu rarement, c'est celui d'un peuple qui échange la vie sauvage contre l'agriculture. Il se réalise aujourd'hui parmi les Cherokees, peuplade de l'intérieur de l'Amérique septentrionale, et M. Warden a présenté à l'Académie une relation pleine d'intérêt sur le degré où ils sont déjà parvenus dans l'échelle sociale. Encouragés par le gouvernement des États-Unis, et guidés par les missionnaires moraves et anabaptistes, et par l'exemple de blancs unis à des femmes cherokees, ils ont fait, depuis

vingt ans, des progrès surprenants; leurs villages se composent de maisons commodes ; plusieurs possèdent des fermes de trente et quarante acres, bien cultivées ; ils ont des moulins pour la farine et le sciage des bois, et fabriquent eux-mêmes leurs draps. Déja leurs bestiaux et leur maïs leur donnent des moyens d'exportation qu'ils échangent contre du sucre, du café et d'autres denrées. Cent mille acres de terre ont été affectées à l'instruction publique; leurs écoles sont déja fréquentées par plus de cinq cents enfants, qui tous lisent, écrivent et parlent l'anglais; et l'un d'eux a inventé un alphabet de quatre-vingt-six caractères, au moyen duquel ils correspondent entre eux dans leur propre langue. Ils se sont donné enfin jusqu'à une constitution. Leur population actuelle est d'environ quinze mille ames, répartie dans une soixantaine de villages, et l'on estime déja leurs propriétés mobilières à plus d'un demi-million de dollars.

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT DE FRANCE.

MÉMOIRE

SUR

L'ARGILE PLASTIQUE D'AUTEUIL, ET SUR LES SUBSTANCES QUI L'ACCOMPAGNENT.

PAR M. BECQUEREL.

Lu à l'Académie royale des Sciences en octobre 1821.

La colline sur laquelle est situé le village d'Auteuil, près Paris, renferme dans son sein une foule de substances, dont quelques-unes se trouvent dans un gissement nouveau; la description de ce terrain peut donc avoir quelque intérêt pour la géologie.

Plusieurs fouilles faites non-seulement dans le village, mais

encore dans les jardins environnans, m'ont permis d'étudier avec soin ce terrain et de comparer ensemble les observations faites sur différents points; j'ai donc pu constater d'une manière positive la succession des formations qui le composent. Dans la partie supérieure, on trouve d'abord une couche de terre végétale de cinq pieds de profondeur, ensuite un banc d'argile plastique d'environ 18 à 20 pieds, analogue, par sa nature et son gissement, à celui qui partout, aux environs de Paris, recouvre la craie, et est inférieur à la formation du calcaire coquillier marin. Cette argile varie de couleur; elle est successivement blanchâtre, jaune, rouge; ensuite elle devient noirâtre, bitumineuse : dès-lors peu à peu elle se charge de petits grains calcaires, de débris de plantes, de fragments innombrables de lignite; puis les grains calcaires sont plus gros; l'argile plastique disparaît insensiblement, et on atteint la formation crayeuse. C'est au milieu du lignite qu'on trouve en abondance du succin, de la strontiane sulfatée, de la chaux phosphatée, du fer phosphaté, du zinc sulfuré, des pyrites, des ossements et des coquilles fossiles, etc. Nous allons parler successivement de chacune de ces substances, en commençant par le calcaire, en masses arrondies, qui repose presque sur la craie.

Du Calcaire de l'argile plastique.

Nous venons de dire que plus l'argile plastique s'approchait de la craie, plus elle contenait de grains calcaires, que ces grains augmentaient peu à peu de volume, et que l'argile disparaissait entièrement; c'est alors que l'on trouve des masses arrondies de calcaire d'un volume assez considérable,

et dont les surfaces sont comme corrodées par l'action d'un acide. MM. Cuvier et Brongniard ont aperçu pour la première fois ce calcaire à Bougival, près Marly; voici comment ces deux célèbres naturalistes l'ont signalé dans leur *Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris* (page 69, édition de 1810) : « La craie se relève à Bougival, « près Marly; elle est presque à nu dans quelques points, « n'étant recouverte que par des pierres calcaires d'un grain « assez fin, mais en fragments plus ou moins gros et dissé- « minés dans un sable marneux, qui est presque pur vers « le sommet de cette colline. Au milieu de ces fragments on « trouve des géodes d'un calcaire blanc-jaunâtre, compacte, « à grain fin, avec des lames spathiques et de petites cavités « tapissées de très-petits cristaux de chaux carbonatée. La « pâte de ces géodes renferme une multitude de coquilles « qui appartiennent à la formation du calcaire.

« Parmi ces géodes, nous en avons trouvé une qui présen- « tait une vaste cavité tapissée de cristaux limpides, allongés « et aigus, ayant plus de deux centimètres de longueur. La « division mécanique seule nous a appris que ces cristaux « appartenaient à l'espèce de la strontiane sulfatée. »

D'après cet exposé, l'on voit que MM. Cuvier et Brongniard ont observé, à Bougival, sur la craie, des fragments d'un calcaire à grain fin, dont un renfermait une géode tapissée de cristaux de strontiane sulfatée. Le calcaire que nous avons trouvé à Auteuil a un gissement absolument semblable; la strontiane sulfatée cristallisée l'accompagne également : l'intervalle qui sépare les blocs est aussi rempli par un sable marneux. Il y a donc identité de formation et de gissement entre ces deux calcaires. Nous en avons observé deux variétés bien

distinctes : la première ressemble parfaitement à un calcaire compacte, quant à sa contexture; la seconde est formée d'un nombre infini de grains sphéroïdaux de diverses grosseurs, traversés en tous sens par des lames de spath calcaire, et mélangée souvent d'un grand nombre de pyrites. Ces deux variétés sont quelquefois imprégnées de bitume; elles renferment des coquilles fossiles, mais non assez caractérisées pour être déterminées : on croit cependant qu'elles sont fluviatiles.

Les cristaux de strontiane sulfatée qui recouvrent assez souvent la surface de ce calcaire appartiennent également à la variété apotome, comme ceux qui ont été observés par MM. Cuvier et Brongniard sur le calcaire de Bougival.

Du Lignite.

Nous avons déja signalé le lignite comme se trouvant abondamment dans les parties inférieures de l'argile plastique d'Auteuil; outre la grande quantité de débris de plantes qui accompagnent cette argile, on trouve assez fréquemment des troncs d'arbre entiers dont le tissu, encore assez bien conservé, semble indiquer une grande analogie avec le bois de hêtre : ils sont pénétrés de pyrites. On remarque assez souvent que ces lignites sont tous couchés dans une direction à peu près perpendiculaire à celle du cours de la Seine.

Du Succin.

Cette substance, dont la formation est encore un problème pour les géologues, se présente dans ce gissement en

grande abondance et de manière à jeter quelque jour sur son origine. J'ai examiné avec beaucoup d'attention les rapports du gissement de ce singulier minéral avec celui des substances qui l'accompagnent, et les observations que j'ai faites à cet égard auront sans doute quelque intérêt.

Dans la première fouille faite à Auteuil, il y a environ quatre ans, je ne trouvai que quelques morceaux de succin peu caractérisés; depuis, dans diverses fouilles, cette substance s'est rencontrée en grande quantité, non-seulement dans le lignite, mais encore empâtée dans l'argile et isolée de ce bois fossile; quand elle accompagne le lignite, elle le pénètre et en recouvre quelquefois la surface à la manière des résines : j'en possède un échantillon où elle est placée entre l'épiderme et l'écorce. Cette disposition est bien favorable à l'opinion de quelques savants, qui regardent le succin comme la résine des arbres dans les débris desquels il se trouve.

Lorsque le succin ne tient pas immédiatement au lignite, il est en nodules depuis la grosseur d'un pois jusqu'à celle d'un œuf; ses formes, oblongues et contournées, indiquent bien une substance liquide qui a coulé, à la manière des gommes et des résines que nous voyons suinter journellement de nos arbres.

Dans un espace d'environ trois ou quatre mètres cubiques, on a trouvé quatre ou cinq variétés bien distinctes de succin, savoir : du rouge, du jaune, de blanchâtre, de limpide, d'autre opaque; enfin, du succin qui paraissait être en décomposition. Comment expliquer la réunion de ces variétés de succin dans un lieu très-circonscrit, si l'on n'admet pas que ce sont les résines des arbres qui forment maintenant

la masse de lignite renfermée dans l'argile plastique? On sait que c'est un des caractères des résines de se présenter quelquefois sous différents aspects sur le même arbre. Ce succin renferme à peine de l'acide succinique; soumis à la lumière polarisée, il jouit, comme la plupart des résines, de la propriété de déranger l'axe de polarisation; il se comporte en cela comme les corps cristallisés doués de la double réfraction : il existe de même un sens où un rayon de lumière polarisé traverse la substance sans éprouver d'altération sensible dans sa marche.

Plusieurs morceaux d'une grande netteté ont été taillés et employés en bijouterie.

Je pense que des fouilles faites avec soin dans cette localité pourraient procurer une assez grande quantité de succin.

De la Strontiane sulfatée.

Nous avons déja dit que le calcaire de l'argile plastique avait souvent sa surface recouverte de petits cristaux de strontiane sulfatée, appartenant à la variété apotome; mais cette substance a choisi aussi pour cristalliser un autre gîte; c'est sur le lignite et dans son intérieur que l'on trouve groupés en rose, de jolis cristaux de strontiane sulfatée, dont quelques-uns ont un et deux centimètres de longueur. On observe une particularité assez remarquable sur la manière dont ces cristaux sont placés; ils pénètrent dans l'intérieur du lignite sans qu'il y ait apparence de fissures par lesquelles la substance ait pu entrer. Les cristaux sont placés dans le lignite comme si on les y eût fait entrer avec effort : c'est donc la force cristallisante qui a écarté les molécules du lignite.

De la Chaux phosphatée.

L'argile marneuse, qui renferme le lignite et le succin, est assez ordinairement accompagnée d'un minéral dont les caractères extérieurs seuls n'auraient pu suffire pour en déterminer la nature. M. Laugier, qui a bien voulu l'examiner avec son habileté ordinaire, a trouvé qu'il continait environ les $\frac{4}{5}$ de chaux phosphatée.

Ce minéral est en nodules allongés de deux à trois centimètres de diamètre, qui ont beaucoup de ressemblance, quant à la forme, avec les pechsteins de Ménil-Montant. Il a un grain fin et serré, une cassure terreuse; il happe à la langue à la manière des argiles; sa couleur est le blanc-grisâtre; sa pesanteur spécifique est assez faible; elle varie suivant la quantité de pyrites qui se trouvent souvent dans sa masse; plongé dans l'eau pendant quelques minutes, il y augmente d'environ moitié de poids; il se laisse facilement entamer par un corps dur, et ne laisse voir aucune phosphorescence quand on projette sa poussière sur un charbon; il fait effervescence dans l'acide nitrique, et s'y dissout presque entièrement; le bitume vient nager à la surface de l'acide.

Traité au chalumeau, à la manière de M. Berzelius, avec l'acide borique et le fil de fer, on obtient une perle de phosphure de fer altérable à l'aimant.

Au moyen de tous ces caractères, cette substance se trouve suffisamment décrite.

J'aurais desiré pouvoir donner ici l'analyse de cette chaux phosphatée; mais M. Laugier a desiré la répéter avant de la publier. Néanmoins il m'a dit que je pouvais affirmer que

ce minéral renfermait de 65 à 72 parties de chaux phosphatée, du bitume, du carbonate calcaire et quelques traces de fer. L'analyse exacte sera imprimée dans un des prochains numéros des *Annales*.

Les minéralogistes reconnaissent jusqu'à présent plusieurs formations de chaux phosphatée : 1° celle des terrains métallifères de la Saxe; 2° celle des roches du Vicentin; 3° celle de la formation de la craie. L'analyse qui vient d'être faite des nodus de l'argile plastique constate l'existence de la chaux phosphatée, dans une formation différente de celles connues jusqu'à ce jour, puisque l'argile plastique est d'une formation postérieure à la craie. Au surplus, je joins ici l'analyse des nodules de la craie, pour que l'on soit à même de comparer la chaux phosphatée de l'argile plastique avec celle de la craie.

Analyse des nodules de la craie, par M. Berthier.

Chaux phosphatée.....	0,57	
Chaux carbonatée.....	0,07	
Magnésie carbonatée.....	0,02	0,98
Fer et alumine silicatés.....	0,25	
Eau et matière bitumineuse.....	0,07	

En brisant les nodules de l'argile plastique, on trouve souvent de petites cavités tapissées de très-petits cristaux bleuâtres, qui appartiennent sans doute au fer phosphaté.

Des Ossements et Coquilles fossiles.

Les ossements fossiles sont assez communs dans cette localité; mais, en général, ils sont brisés, et ne sont pas assez

caractérisés pour qu'on puisse déterminer la classe des animaux vertébrés à laquelle ils appartiennent. On a cru reconnaître des os de la tête d'un crocodile.

Les coquilles, qui sont à l'état de pyrites, sont aussi la plupart peu caractérisées; elles ont beaucoup de ressemblance avec les ampullaires, les paludines et les limnées.

La présence d'ossements fossiles et de coquilles dans l'argile plastique peut expliquer l'origine des nodus de chaux phosphatée dont nous avons parlé précédemment.

Zinc sulfuré.

Dans les premières fouilles qui furent faites à Auteuil, je remarquai sur le lignite de petits cristaux octaèdres, les uns jaunes, les autres rouges, ayant tous un éclat métallique; leur petitesse ne me permit pas de déterminer si la forme était régulière. Je crus alors qu'ils appartenaient à l'espèce mellite, ou qu'ils constituaient une nouvelle espèce. Depuis, ayant retrouvé ces cristaux en plus grand nombre, je reconnus que leurs formes étaient régulières. J'observai successivement l'octaèdre régulier, le dodécaèdre, l'octaèdre maclé, enfin toutes les formes qui dérivent de l'octaèdre régulier. Il restait à déterminer leur nature : je priai M. Smithson, célèbre chimiste anglais, et qui opère avec une grande habileté sur de très-petits échantillons, de soumettre à ses moyens d'analyse les petits cristaux dont il est ici question; il ne tarda pas à reconnaître qu'ils appartenaient au zinc sulfuré. On ne sera pas fâché sans doute de retrouver ici les procédés dont s'est servi ce savant chimiste pour parvenir à cette découverte :

un très-petit cristal chauffé au chalumeau, sur un charbon, avec un peu de sous-carbonate de soude, se change en sulfure alcalin. Posé ensuite sur une pièce d'argent décapée avec une goutte d'eau, le métal est noirci sur-le-champ; cette réaction indique la présence du soufre dans la pièce d'essai, puisqu'elle est due à la combinaison de l'acide hydro-sulfurique avec l'argent; de plus l'odeur de cet acide lève les doutes qui pourraient exister à cet égard. Cette réaction est d'une sensibilité extrême.

Pour découvrir la base, on dissout le sulfure dans une goutte d'acide sulfurique à laquelle on ajoute un peu d'acide nitrique; on évapore et on obtient des cristaux de sulfate de zinc faciles à reconnaître, puisqu'ils brûlent au chalumeau, sur le charbon, avec des flocons blancs. Les parties constituantes de ces petits cristaux se trouvent donc parfaitement déterminées. On obtient aussi les fleurs de zinc en exposant le sulfure sur un charbon au dard du chalumeau.

La présence du zinc sulfuré dans les argiles plastiques est un fait nouveau en géologie. Les gissements de cette substance sont très-variés; elle appartient d'abord aux terrains les plus anciens; elle y a pour gangues diverses substances terreuses ou acidifères, telles que le quartz, la chaux fluatée, etc., etc.; on la trouve très-abondamment dans les terrains de transition, où elle accompagne le plomb sulfuré, le fer sulfuré, etc.; enfin elle existe dans les argiles plastiques d'Auteuil, à côté du fer sulfuré, etc.

On ne doit pas être étonné de rencontrer le zinc dans ce gissement; car on assure que la calamine a été trouvée à Passy, près Paris, disséminée entre les couches de chaux carbonatée grossière, qui appartiennent aux dernières for-

mations du calcaire secondaire marin, supérieur aux argiles plastiques.

L'exposé que je viens de faire des substances qui se trouvent dans l'argile plastique d'Auteuil doit engager les minéralogistes à saisir toutes les circonstances qui se présenteront pour examiner avec soin cette localité, qui mérite toute leur attention par la variété des objets qu'elle renferme.

MÉMOIRE

SUR

LES FILS TRÈS-FINS DE PLATINE ET D'ACIER,

ET

SUR LA DISTRIBUTION DU MAGNÉTISME LIBRE DANS CES DERNIERS.

PAR M. BECQUEREL.

Des Fils de platine.

C'EST à M. Wollaston qu'on est redevable de la découverte d'un procédé pour obtenir des fils de platine d'une finesse extrême : ce procédé consiste à placer un gros fil de platine dans l'axe d'un moule cylindrique creux, que l'on achève de remplir avec de l'argent en fusion, de le tirer à la filière, enfin de dissoudre l'argent dans l'acide nitrique. C'est ainsi que le célèbre physicien anglais est parvenu à avoir des fils de platine de $\frac{1}{1200}$ de millimètre de diamètre.

Divers expériences m'ayant mis dans le cas d'avoir besoin de fils de platine d'une grande finesse, je les ai obtenus par le procédé suivant : on prend un moule en terre de fondeur, divisé dans son épaisseur en deux parties qui se superposent parfaitement. Dans chacune de ces parties on moule la

moitié du cylindre creux, suivant l'axe duquel le fil de platine doit être fixé. Il résulte de cette disposition qu'en plaçant ce fil au milieu d'une des parties moulées et la recouvrant par l'autre, il se trouve dans la direction de l'axe; alors, coulant l'argent par une ouverture conique pratiquée dans la partie supérieure, on a un cylindre d'argent dont l'axe est le fil de platine. Le fil ainsi préparé est passé à la filière, on le recuit de temps en temps pour qu'il soit moins cassant. Ensuite, comme l'indique M. Wollaston, on dissout l'argent dans l'acide nitrique étendu d'eau. On évite d'employer l'acide nitrique du commerce, qui contient toujours un peu d'acide sulfurique.

En opérant ainsi, on a des fils de platine d'une ténuité extrême; mais, quand on a atteint un certain degré de finesse, il est difficile d'en obtenir d'une grande longueur, et on ne peut en avoir que de très-courts. Il paraît qu'on arrive à un certain point où les molécules ne peuvent plus s'écarter sans se rompre; alors elles cèdent entièrement à la force qui tend à diminuer le diamètre du fil.

On arrive aussi à une limite de finesse où ces fils commencent à perdre leur élasticité, même lorsqu'ils n'ont pas été recuits. Plus on s'éloigne de cette limite en les amincissant davantage, plus cette perte est sensible. On sait que l'élasticité se reconnaît dans un fil à l'isochronisme des oscillations d'un petit levier suspendu à l'une des extrémités, tandis que l'autre et fixe. Quand l'élasticité n'est pas parfaite, les oscillations ne se font plus en temps égaux; alors la torsion d'un certain angle dérange assez l'agrégation des molécules du fil, pour qu'elles ne reviennent plus à leur position primitive

d'équilibre. C'est le moyen dont je me suis servi pour juger des différents degrés d'élasticité des fils de platine.

Des Fils d'Acier.

Après avoir obtenu des fils de platine très-fins, j'ai essayé si plusieurs substances métalliques n'étaient pas susceptibles de donner des résultats analogues; l'acier s'est prêté parfaitement à mes recherches. On commence par enchâsser le fil d'acier dans un cylindre d'argent, en suivant la méthode indiquée ci-dessus pour les fils de platine; on tire ensuite le tout à la filière. L'acier, quoique plus dur que l'argent, se tire très-bien à la filière quand il est entouré de ce métal. L'argent ne peut plus être enlevé au moyen de l'acide nitrique, puisque cet acide décomposerait l'acier en dissolvant le fer; il faut donc avoir recours à un autre expédient. On se sert pour cela du mercure, qui a la propriété de former un amalgame avec l'argent quand on élève convenablement la température; mais cette opération exige de grandes précautions si l'on veut obtenir des fils d'acier intacts. Il faut d'abord prendre une éprouvette en verre d'environ 2 décimètres de longueur, la faire chauffer fortement, puis la remplir de mercure qu'on a fait aussi bouillir préalablement pour en chasser l'eau; on introduit dans l'éprouvette les fils d'acier préparés, après les avoir fait chauffer au rouge dans un tube de verre; on renverse l'éprouvette dans un bain de mercure, et on expose le tout pendant une demi-heure à une température inférieure à celle de l'ébullition du mercure; on laisse refroidir l'appareil lentement : on redresse ensuite l'éprouvette et on en re-

tire les fils d'acier. Si on négligeait quelques-unes de ces précautions, la plus petite quantité d'air ou d'eau qui resterait dans le mercure, sur les parois intérieures de l'éprouvette ou sur les fils, suffirait pour opérer la combustion de ces derniers. Retirés du mercure avant qu'ils ne fussent refroidis, ils s'oxideraient instantanément au contact de l'air.

L'action de la filière écrouit tellement ces petits fils, que même, quand ils ont été recuits, ils sont encore cassants; exposés à la flamme d'une bougie, ils y brûlent à la manière des fils d'acier plongés rouges dans le gaz oxigène. La combustion se communique de proche en proche jusqu'à une certaine distance de la flamme, en lançant de tous côtés de petites aigrettes embrasées.

La disparition des fils d'acier dans le mercure chauffé à 200°, quand il n'était pas privé de son eau hygrométrique, m'avait fait penser que le fer s'était dissous dans le mercure; mais j'ai reconnu directement, par l'expérience, qu'il y avait alors combustion du métal, soit aux dépens de la petite couche d'air qui adhérait à la surface ou aux parois de l'éprouvette, soit aux dépens de l'oxigène de l'eau hygrométrique du mercure.

Ces fils sortent du mercure à l'état magnétique; c'est sûrement dans la filière qu'ils acquièrent cette propriété : l'intensité magnétique est assez forte pour que l'action du magnétisme terrestre les dirige dans le plan du méridien magnétique, quand on les suspend à des fils simples de cocon. Ils deviennent alors de petits aimants doués d'une assez grande sensibilité.

Une ou deux frictions légères avec un barreau aimanté suffisent non-seulement pour changer les pôles de ces petits

aimants, mais encore pour leur donner un grand nombre de points conséquents. Il faut employer les plus grandes précautions pour éviter ces points, si l'on veut avoir une distribution régulière de magnétisme.

Distribution du magnétisme libre dans des fils d'acier de $\frac{1}{80}$ de millimètre de diamètre.

Coulomb a cherché la distribution du magnétisme libre dans des fils d'acier d'un petit diamètre, aimantés à saturation par la méthode de la double touche. Il a trouvé que le développement du magnétisme était sensiblement égal et de nature contraire dans les deux moitiés, et qu'il décroissait rapidement sur chacune d'elles, en allant des extrémités vers le centre, de sorte que la plus grande intensité du magnétisme était aux deux extrémités du fil.

Mais cet habile physicien n'a employé, dans ses expériences, que des fils d'acier tirés simplement à la filière; il n'a pu voir, par conséquent, si la loi du développement du magnétisme, qu'il a reconnue dans ces fils, était la même dans des fils d'acier excessivement fins, tirés à la manière des fils de platine de M. Wollaston.

La distribution du magnétisme libre, dans des fils d'une grande finesse, suit la loi que Coulomb a trouvée pour des fils d'acier moins fins; mais pour l'observer il est nécessaire de faire quelques changements à la méthode indiquée par ce savant. Il emploie deux moyens pour déterminer la distribution du magnétisme: le premier consiste à suspendre un petit barreau à un fil simple de soie, et à le faire osciller successivement vis-à-vis d'un certain nombre de points de

l'aiguille, dans laquelle on veut connaître la répartition du magnétisme. Alors, en retranchant le carré du nombre d'oscillations que fait le petit barreau dans un temps donné quand il est abandonné à l'action du magnétisme terrestre, du carré du nombre d'oscillations faites par le même barreau lorsqu'il est sollicité à la fois par cette force et par l'action du fil aimanté, on aura une valeur qui mesurera sensiblement l'intensité du magnétisme, au point de l'aiguille qui se trouve à la hauteur du barreau.

La seconde méthode consiste à prendre pour fil de suspension un fil métallique fin qu'on fixe à une de ses extrémités. On attache à l'autre un petit barreau aimanté que l'on présente successivement aux points de l'aiguille soumise à l'expérience, et possédant le magnétisme de même nature que le pole du barreau qui est le plus voisin de cette aiguille: il y a répulsion; mais, en ramenant cette aiguille dans le plan du méridien magnétique par la torsion du fil de suspension, l'angle de torsion sera une valeur approchée de la quantité de magnétisme libre que possède l'aiguille au point de croisement.

La méthode des oscillations ne peut être suivie pour la recherche de la distributiou du magnétisme dans des fils excessivement fins, parce que le barreau formé avec l'un de ces fils possède bien une quantité de magnétisme suffisante pour l'amener dans le plan du méridien magnétique; mais les oscillations qu'il fait sont si lentes et augmentent si peu de vitesse quand il est en présence d'une autre aiguille d'acier aimantée de même diamètre, qu'il est impossible d'en rien conclure.

La seconde méthode, modifiée convenablement, peut être

employée avec avantage, quoiqu'elle ne donne cependant que des résultats approximatifs; il faut prendre d'abord pour fil de suspension un fil très-fin de platine. Ces fils, convenablement choisis, ont une grande sensibilité de torsion et peuvent servir à la mesure de petites forces. On suspend, à l'extrémité de ce fil, le fil d'acier aimanté, dans lequel on veut connaître la distribution du magnétisme. On lui laisse l'enveloppe d'argent dont il est recouvert, afin de pouvoir agir sur des fils de plusieurs décimètres de longueur; ce qu'on ne pourrait faire avec des fils d'acier simples de cette dimension, vu la difficulté de les maintenir dans une direction rectiligne; de plus, leur extrême légèreté rendrait l'état de repos impossible. L'argent augmente, à la vérité, le poids de ces petites aiguilles, mais n'altère nullement la distribution du magnétisme.

Ensuite, comme l'a fait Coulomb, on dispose l'appareil pour que l'aiguille suspendue soit dans le plan du méridien magnétique quand le fil de platine est sans torsion. Sur la direction du même plan, on place une planchette de deux à trois millimètres d'épaisseur, et de telle manière que l'aiguille vienne s'y appliquer; puis, de l'autre côté de cette planchette, qui est mobile, on fixe dans une direction verticale un fil d'acier aimanté d'environ un millimètre de diamètre et de deux décimètres au moins de longueur. Ce fil d'acier présente son pôle homologue à l'aiguille horizontale. En faisant mouvoir convenablement la planchette dans le plan du méridien magnétique, on présente à tous les points de l'aiguille suspendue le même pôle de l'aiguille verticale. L'aiguille horizontale est d'abord chassée par la répulsion; mais on la ramène par la torsion du fil de suspension dans le plan du

méridien magnétique; de sorte qu'il n'y a que l'épaisseur de la planchette entre les deux aiguilles. Mais, comme l'a observé Coulomb, l'une étant horizontale et l'autre verticale, tous les points qui se trouvent de part et d'autre à une distance plus grande que douze à quinze millimètres du point de croisement, ne contribuent que très-peu à la répulsion, à cause de la distance et de l'obliquité des actions; il en résulte que la force de torsion qu'il faut employer pour maintenir l'aiguille horizontale appliquée sur la planchette, doit dépendre des quantités de magnétisme libre qui sont réparties sur les deux aiguilles depuis le point de contact jusqu'à une distance de quelques millimètres de chaque côté de ce point. Cette force de torsion est donc la résultante des actions exercées par les deux aiguilles; elle est appliquée au point de croisement, et est une mesure approchée de l'intensité du magnétisme de ce point.

Appliquons cette méthode à la recherche de la distribution du magnétisme dans une aiguille d'acier de 128 millimètres de longueur et de $\frac{1}{50}$ de millimètre de diamètre, et aimantée à saturation par le procédé de la double touche. Supposons que les deux aiguilles se regardent par le côté boréal, on obtiendra les résultats consignés dans le tableau suivant :

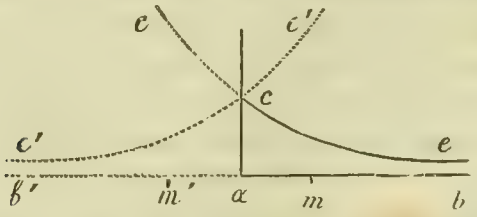
TABLEAU I.

DISTANCES à l'extrémité boréale, en millimètres.	ANGLES DE TORSION pour ramener l'aiguille horizontale au contact.
0.....	 60
5.....	 35
10.....	 22
15.....	 13
20.....	 9,2
25.....	 4,6

Les angles de torsion, tels qu'ils sont donnés par l'observation, sont loin d'être des quantités proportionnelles aux intensités de magnétisme libre des points auxquels ils correspondent; il y a deux causes qui concourent à empêcher ce rapprochement. La première tient, comme nous l'avons déja dit, à ce que tous les points du fil d'acier situés de chaque côté du point de croisement, jusqu'à une distance de douze à quinze mille millimètres, concourent à la répulsion, inégalement à la vérité, à cause de la distance et de l'obliquité. D'après cela, lorsque le point de croisement est à l'extrémité ou à quelques millimètres de distance, les points situés au-delà du fil, dans le cas où il serait prolongé, devenant assez voisins pour que leur absence soit sensible, la répulsion ne sera donc pas la même que si le fil était continué avec une distribution de magnétisme analogue. Il en

résulte, comme l'observe Coulomb, qu'à l'extrémité l'intensité du magnétisme doit être à peu près double de ce que donne l'expérience. Si donc on veut que le résultat obtenu dans ce dernier cas soit comparable à ceux que donne le point de croisement quand il est à quinze ou vingt millimètres, il est nécessaire pour cela de doubler le nombre qui représente l'angle de torsion à l'extrémité. Cette correction donne une valeur fort approchée de la vérité.

Cette méthode de trouver par approximation l'intensité du magnétisme au point extrême de l'aiguille donnerait la véritable valeur dans le cas où le fil étant prolongé, la distribution du magnétisme serait décroissante à partir de l'extrémité, suivant une loi entièrement semblable à celle des intensités magnétiques du fil ; car soit ab le fil, ee la courbe dont les ordonnées représentent les intensités magnétiques correspondantes aux différentes abscisses du fil ; ab' son prolongement et ee' la courbe des intensités supposées.



Dans le cas où celles-ci seraient décroissantes, il est bien évident qu'alors la répulsion opérée au point a aurait lieu en vertu d'une force double de celle qui exercerait son action, si le fil n'était pas continué, puisque tout est symétrique de part et d'autre de ce point ; mais il n'en est pas ainsi, car la distribution du magnétisme est croissante au lieu d'être dé-

croissante ; les ordonnées qui expriment les intensités dans le fil prolongé, sont donc plus considérables que les autres ; le doublement doit donc donner un résultat un peu plus faible ; c'est ce que M. Biot a fait voir par le calcul. De plus le doublement ne doit avoir lieu que pour le point extrême ; car l'erreur serait d'autant plus grande, que le point que l'on considérerait serait plus éloigné de celui-ci. Nous allons tâcher de trouver aussi par approximation l'intensité du magnétisme des points situés à peu de distance des extrémités. La méthode dont nous nous servirons, quoique empirique, donnera des résultats qui approcheront beaucoup des véritables valeurs, comme nous le ferons voir ensuite par le calcul. Au surplus, nous nous en servirons faute de mieux.

Mettons le point de croisement en m, à une distance de l'extrémité moindre que 15 millimètres, et cherchons quelle doit être l'intensité du magnétisme en ce point : supposons, comme tout-à-l'heure, que l'aiguille soit prolongée au-delà de a, avec une distribution de magnétisme qui soit décroissante. Dans ce cas, un certain nombre de points de l'aiguille prolongée contribueront aussi à la répulsion, puisque cette répulsion en m a lieu en vertu des actions exercées par tous les points situés à droite et à gauche de m, jusqu'à une certaine distance d'environ douze ou quinze millimètres. On peut, dans notre supposition, déterminer rigoureusement l'action des points situés au-delà de a, qui concourraient à la répulsion. En effet, plaçons le point de croisement en m', à une distance $am' = am$, l'intensité des actions sera la même en m' qu'en m, puisque la distribution du magnétisme est supposée semblable de chaque côté du point a; il n'y aura de différence que celle qui proviendra du point d'ap-

plication de la force; mais il est très-facile de faire une correction pour rapporter les actions à un même point du barreau. Supprimons maintenant le prolongement du fil, et laissons toujours le point de croisement en m', il y aura encore répulsion, qui sera due à l'action d'un certain nombre de points de l'aiguille $a\,b$; cette action sera précisément égale à celle qui manquait à la répulsion quand le point de croisement était en m, toujours à la différence près qui provient du point d'application de la force. Il résulte de là qu'en supposant le fil prolongé au-delà de l'extrémité et la distribution du magnétisme décroissante, deux observations en m et m' suffiront pour déterminer l'intensité du magnétisme en m.

Soit donc $2\,l$ la longueur totale du fil, $a\,m = a\,m' = d$, g la distance du point m au centre de suspension, α l'angle de torsion nécessaire pour maintenir le contact en m, γ la quantité angulaire qu'il manque à la répulsion pour représenter une quantité proportionnelle à l'intensité du magnétisme en m. Quand le point de croisement sera en m', l'angle de torsion nécessaire pour maintenir l'équilibre en ce point aura pour expression

$$(\alpha+\gamma)\left(\frac{g+2d}{g}\right),$$

puisque les actions en m et m' sont les mêmes, et que dans l'équilibre du levier les forces sont réciproquement proportionnelles aux bras de levier.

$$(\alpha+\gamma)\left(\frac{g+2d}{g}\right)$$

peut être mis sous la forme

$$a\left(\frac{g+2d}{g}\right)+y\left(\frac{g+2d}{g}\right).$$

Or, le premier terme est donné directement par l'expérience quand le point de croisement est en m, et le second lorsqu'il est en m'. Représentons par y' la valeur de

$$y\left(\frac{g+2d}{g}\right),$$

on aura

$$y=\frac{y'g}{g+2d};$$

donc l'intensité du magnétisme en m aura pour expression

$$\frac{a+gy'}{g+2d};$$

mais les observations ne peuvent être comparables qu'autant que toutes les actions seront rapportées à un même point du levier, à son extrémité, par exemple. Or, l'action magnétique en m étant représentée par

$$\frac{a+gy'}{g+2d},$$

en la rapportant au point a, l'expression de son énergie sera exprimée par

$$\frac{[a(g+2d)+gy'](g+d)}{d(g+2d)}.$$

Nous avons supposé, dans tout ce que nous venons de dire, que, si le fil $a\,b$ était prolongé, les ordonnées, qui représentent les intensités magnétiques de ses différents points, iraient en décroissant, tandis que, pour avoir des résultats exacts, il faudrait que la distribution du magnétisme fût

croissante. Mais l'erreur que l'on commet en faisant cette supposition est moindre que celle qui provient du doublement de l'intensité à l'extrémité, comme l'a fait Coulomb, puisque le nombre de points du fil supposé prolongé qui contribuent à la répulsion va en diminuant à mesure que le point m s'éloigne du point a. Ainsi, plus le point de croisement sera éloigné de a, plus sera petite l'erreur que l'on commettra en déterminant, comme nous venons de le faire, l'intensité du magnétisme des points situés à une distance de l'extrémité moindre de 15 millimètres. Or, comme l'erreur qui provient du doublement est peu considérable, les autres le seront encore moins. L'accord qui existe entre les résultats de l'expérience et ceux du calcul concourt encore à faire négliger l'erreur que l'on commet en faisant la supposition dont nous avons parlé.

Appliquons aux résultats que nous avons consignés dans le tableau I les corrections ci-dessus :

TABLEAU II.

DISTANCES à l'extrémité boréale en millimètres.	ANGLES DE TORSION pour ramener l'aiguille horizontale au contact, quand le point de croisement est en m.	ANGLES DE TORSION pour ramener l'aiguille au contact, quand le point de croisement est en m'.
0	..... 60	.... 60 ....
5	..... 35	.... 30 ....
10	..... 22	.... 15 ....
15	..... 13	.... 8 ....
20	..... 9,2	.... 0 ....
25	..... 4,6	.... 0 ....

Il s'agit maintenant d'examiner l'effet de la seconde cause qui empêche que les résultats dont nous venons de parler soient comparables, à moins cependant d'y faire une correction convenable. Or, qu'avons-nous fait? Nous avons appliqué l'action constante de notre barreau vertical, successivement à différents points de l'aiguille horizontale; c'est donc une même force qui a été appliquée tantôt à l'extrémité d'un bras de levier, tantôt à cinq millimètres de distance, à 10 millimètres, etc. Tous les résultats obtenus dans ces divers cas ne seront donc comparables qu'autant qu'on aura eu égard à cette différence d'action. Il faut pour cela rapporter toutes ces actions à un même point de barreau, à son extrémité, par exemple. Effectuons cette correction :

TABLEAU III.

Distances à l'extrémité boréale en millimètres.	Angles de torsion quand le point de croisement est en m.	Angles de torsion pour maintenir le contact quand le point de croisement est en m'.	Angles de torsion pour maintenir le contact quand le point de croisement est en m, et que les actions sont rapportées à l'extrémité.	Intensités magnétiques déduites de la formule, en supposant les actions rapportées à l'extrémité.
0	60	60	60	120,0
5	35	30	38,0	68,0
10	22	15	26,0	41,0
15	13	8	16,4	24,4
20	9,2	0	13,3	13,3
25	4,6	0	7,6	7,6

Puisque nous avons un moyen pratique de trouver par approximation, dans des aiguilles très-fines d'acier, l'intensité magnétique des points situés à moins de 15 millimètres des extrémités, cherchons si la formule que M. Biot a donnée pour représenter les intensités de magnétisme libre dans les barreaux ordinaires, comprend aussi les résultats consignés dans le tableau ci-dessus. Ce célèbre physicien a fait voir que, d'après les expériences de Coulomb, la loi des intensités magnétiques pouvait être représentée par l'équation logarithmique

$$y = A(\mu^x - \mu^{2l-x}),$$

dans laquelle $2l$ désigne la longueur totale du fil aimanté, x la distance rectiligne depuis l'extrémité australe jusqu'au point dont l'intensité magnétique est y. Quand l'aiguille sur laquelle on opère a une grande longueur, on peut négliger

$$\mu^{2l-x},$$

qui est ordinairement une fraction très-petite; alors l'équation des intensités devient

$$y = A\mu^x,$$

dans laquelle A et μ sont déterminés par deux observations. M. Biot a trouvé une telle concordance entre les résultats de l'expérience indiqués par Coulomb et ceux donnés par cette formule, que l'excès du calcul, ordinairement faible, est tantôt positif, tantôt négatif.

M. Biot a cherché principalement les intensités magnétiques des points situés à plus de 2 centimètres des extrémités, pour éviter les corrections; il pouvait agir ainsi, parce que

le développement du magnétisme libre s'étendait dans les fils de Coulomb jusqu'à une distance de 6 ou 8 centimètres. Mais dans les fils très-fins d'acier, dont nous nous occupons, on n'a pas ce même avantage, parce que le développement du magnétisme devient insensible au-delà de 3 centimètres. Il a donc fallu découvrir un moyen de trouver par approximation l'intensité magnétique des points situés à peu de distance des extrémités; c'est ce que nous avons tâché de faire.

Il reste maintenant à faire voir que ces intensités, telles que nous les avons obtenues, sont données par la formule de M. Biot. Si nous prouvons l'identité entre ces deux espèces de résultats, ce sera une preuve que la méthode pratique dont nous nous sommes servis peut être employée à déterminer par approximation les intensités magnétiques des points situés à peu de distance des extrémités.

Déterminons les constantes A et μ, au moyen du quatrième et du cinquième résultat, et prenons cinq millimètres pour unité de longueur, on aura

$$x = 4 \qquad y = 13{,}3$$
$$x = 5 \qquad y = 7{,}6.$$

En substituant successivement ces valeurs dans l'équation

$$y = A\mu^x,$$

on en déduira $A = 126{,}6$ et $\mu = 0{,}57$; l'équation des intensités sera donc $y = 126{,}6 . 0{,}57^x$. Faisant successivement dans cette équation $x = 1$, $x = 2$, $x = 3$, on en déduira l'intensité du magnétisme que possèdent les points de l'aiguille qui se trouvent à 5, 10, 15 millimètres de l'extrémité boréale.

TABLEAU IV.

Distances à l'extrémité boréale.	Intensités du magnétisme libre déterminées		Excès du calcul.
	Par l'observation.	Par le calcul.	
0	120	126,6	+ 6,6
5	68,0	71,8	+ 3,3
10	41,0	40,93	+ 0,07
15	24,4	25,78	+ 1,4
20	13,3	13,3	0
25	7,6	7,6	0

On voit que les différences entre les intensités de magnétisme libre données par l'observation, et celles déduites de l'équation logarithmique, sont positives et vont en diminuant, à mesure que les points auxquels ces intensités appartiennent sont plus éloignés des extrémités. Ce résultat est entièrement conforme à ce que nous avons dit plus haut; la méthode pratique, dont nous nous sommes servis pour déterminer les intensités de magnétisme possédées par les points de l'aiguille peu éloignés des extrémités, doit toujours donner des résultats un peu plus faibles que les véritables, et l'erreur que l'on commet doit diminuer à mesure que le point que l'on considère est plus éloigné des extrémités.

D'autres aiguilles très-fines d'acier aimantées à saturation par la méthode de la double touche ayant offert des résultats semblables, soit par l'expérience, soit par le calcul,

nous en concluons que la distribution du magnétisme dans des barreaux d'acier d'un diamètre quelconque est conforme à la régle donnée par M. Biot, et toutes les intensités pour chaque barreau peuvent être déduites au moyen de deux observations de l'équation

$$y = A\mu^x.$$

Dans les expériences précédentes nous avons négligé l'action du magnétisme terrestre, parce qu'elle était tout-à-fait insensible, vu le peu d'intensité de magnétisme de l'aiguille. En effet, quand l'aiguille horizontale est chassée par l'action de l'aiguille verticale, celle-ci tend à revenir dans le plan du méridien magnétique, non-seulement par la torsion du fil, mais encore par l'action du méridien magnétique. Or, si l'on cherche séparément la mesure de la force directrice, on voit qu'elle est tout-à-fait insensible dans nos expériences.

Cherchons enfin quelle est la position des poles dans l'aiguille capillaire, dont nous avons déterminé la distribution du magnétisme. Les poles ne sont autre chose que les centres d'action magnétique. Ce centre d'action est analogue au centre de pesanteur dans les corps graves; ainsi il sera placé, comme l'observe M. Biot, sur l'abscisse correspondante au centre de gravité de la courbe des intensités. Or, l'équation de la courbe est

$$y = \frac{B(1+\mu^{al})}{1-\mu^{al}}(\mu^x \mu^{2l-x});$$

et en désignant par x' l'abscisse de son centre de gravité, comptée de l'extrémité du fil, on aura

$$x' = \frac{-2\,l\mu' - \frac{(1-\mu^{2\prime})}{l'\mu}}{(1-\mu')^2},$$

$l'\,\mu$ étant le logarithme hyperbolique de μ. Quand le fil est assez long pour que μ' et $\mu^{2\prime}$ puissent être regardés comme très-petits, l'expression de x' se réduit à

$$x' = -\frac{1}{l'\mu};$$

mais comme $l'\,\mu = M \log.\,\mu$, $M = 2{,}3025855o9$ et $\log.\,\mu = \log.\,0{,}57 = -\,0{,}2441262$, on en déduira $x' = 1{,}7$. Or, l'unité de mesure étant 5 millimètres, il s'ensuit que, dans l'aiguille d'acier soumise à l'expérience, les poles sont situés à $8^{\text{mill.}},5$ des extrémités.

MÉMOIRE

SUR

LES DÉCOMPOSITIONS CHIMIQUES

OPÉRÉES AVEC DES FORCES ÉLECTRIQUES A TRÈS-PETITE TENSION.

PAR M. BECQUEREL.

Lu à l'Académie royale des sciences, le 21 août 1826.

ON sait maintenant qu'à l'aide de très-petites forces électriques, dont l'action est continue, on produit des effets chimiques plus ou moins considérables, et que de très-légers changements dans les états électriques des corps suffisent pour déterminer de nouvelles combinaisons. Mais on est loin de connaître tous les phénomènes chimiques qui peuvent être dus à des forces aussi faibles.

Nous voyons tous les jours que la nature, qui peut disposer d'un temps illimité, produit des effets immenses avec de très-petits moyens. Ces moyens échappent souvent à nos sens, parce qu'ils n'ont pas été assez étudiés, et qu'ils ne rentrent pas dans le cercle habituel de nos recherches. C'est en travaillant sur une petite échelle, c'est en s'attachant, pour ainsi dire, aux particules des corps et à tout ce qui s'y rapporte

que l'on parviendra peut-être à découvrir une partie des ressorts que la nature met en jeu pour développer les phénomènes dus à l'attraction moléculaire.

On s'est déja beaucoup occupé des précipités obtenus dans les dissolutions métalliques, avec un seul couple voltaïque, et le *Traité d'Électricité* de M. Singer renferme un grand nombre d'expériences faites à cet égard. M. Wollaston a prouvé aussi que l'on pouvait obtenir les mêmes résultats en substituant une série d'étincelles électriques au courant galvanique. Les appareils ingénieux dont s'est servi ce célèbre physicien n'ont pas peu contribué à répandre le goût de recherches, que l'on pourrait presque désigner sous le nom de *microscopiques*, et qui ont déja rendu de si grands services aux sciences.

Il ne sera pas question, dans ce Mémoire, de décompositions chimiques opérées à l'aide de piles voltaïques d'un certain nombre d'éléments; des savants du premier ordre se sont occupés avec trop d'ardeur et de succès de ce genre de recherches, pour qu'il reste encore quelque découverte importante à y faire. Je ne parlerai que des décompositions obtenues avec des forces électriques, dont la tension est excessivement faible et moindre que celle de l'électricité qui provient du contact de deux métaux.

Il est hors de doute maintenant qu'une action galvanique quelconque peut donner naissance à des effets chimiques; mais on ignore jusqu'à quel point cette action, quand elle est très-faible, influe sur l'attraction moléculaire, et s'il ne se passe pas, au moment où celle-ci se manifeste, des phénomènes particuliers qui disparaissent dans l'effet général, lorsqu'on emploie une pile d'une certaine énergie.

On sait, par exemple, que lorsqu'on plonge dans une dissolution métallique deux fils d'un métal quelconque, qui communiquent chacun à l'un des pôles d'une pile voltaïque, on obtient toujours au fil négatif de l'hydrogène, du métal réduit ou de l'oxide; mais quand la tension est excessivement petite, le phénomène se passe-t-il encore de la même manière? Tous les métaux jouissent-ils de cette propriété au même degré? Pour résoudre ces questions, il faut diminuer successivement la tension de l'électricité, et observer en même temps ce qui se passe dans les décompositions; c'est ce que je vais tâcher de faire.

M. Bucholz s'est occupé de recherches de ce genre : il a fait des expériences intéressantes sur l'action chimique de chaînes galvanico-électriques simples, formées de dissolutions métalliques, d'eau ou d'acide et d'un métal. (*Annales de Chimie,* tome LXVI, page 166.) Ces expériences, qui datent de 1807, consistent à verser dans un verre cylindrique une dissolution métallique, par exemple, de cuivre, à y ajouter avec la plus grande précaution de l'eau distillée ou de l'eau acidulée, en sorte que les deux liqueurs soient séparées l'une au-dessus de l'autre, et à plonger ensuite dedans une lame de cuivre; au bout de quelques heures, cette lame est recouverte de cuivre précipité à l'état métallique.

Diverses dissolutions métalliques ont donné les mêmes résultats à M. Bucholz, qui tire de là la conséquence que la plupart des métaux peuvent former, avec leurs propres dissolutions et de l'eau ou de l'eau acidulée, des chaînes dont l'action électrique précipite le métal.

Il y a ici trois actions électriques : l'une provenant du contact des liquides, les deux autres sont dues au contact de cha-

que bout de la lame de métal avec chaque liquide. C'est donc un phénomène composé, car les actions s'ajoutent ou se retranchent selon qu'elles vont dans le même sens ou dans des sens différents; néanmoins il est certain que l'effet électrique qui résulte de l'action du métal sur la dissolution saline doit l'emporter.

Certains phénomènes thermo-électriques, le contact des liquides et des métaux et les actions chimiques, dégagent assez d'électricité pour produire des décompositions qui ont des rapports avec celles observées par M. Bucholz.

M. Seebeck, de l'Académie de Berlin, a observé le premier que, dans un circuit fermé, formé de deux fils ou lames de métal différent, soudés bout à bout, si l'on élève la température d'une des soudures, il s'établit aussitôt un courant électrique dans tout le circuit.

En se servant de ce principe, plusieurs physiciens essayèrent de construire des piles thermo-électriques, à l'instar de celles de Volta, dans l'espoir de leur donner assez d'énergie pour décomposer l'eau; mais leurs tentatives furent sans succès; ils trouvèrent seulement que l'action du courant électrique sur l'aiguille aimantée, lorsqu'on chauffait les soudures alternatives, croissait le plus souvent avec le nombre de barreaux. L'eau légèrement acidulée n'étant pas décomposée par l'action de cette pile, il aurait pu se faire que le nitrate d'argent, qui exige une tension bien moindre, le fût; mais l'expérience m'a prouvé que l'électricité, développée dans cette circonstance, n'avait pas une tension suffisante pour déterminer une action chimique, quelque faible que fût la force d'affinité qui retînt unies les molécules.

Diverses observations me firent supposer qu'il n'en serait

plus de même si, deux fils métalliques ne faisant que se toucher à une de leurs extrémités, on chauffait à droite ou à gauche des points de jonction, tandis que les deux autres extrémités plongeraient dans une dissolution métallique. Mes conjectures furent vérifiées : en effet, soient deux fils, l'un de platine et l'autre de cuivre, d'une certaine longueur et d'un tiers de millimètre environ de diamètre ; à l'un des bouts de chaque fil on forme un anneau, qui sera très-petit pour le fil de platine, et de 3 millimètres d'ouverture pour l'autre. On passe ces deux anneaux l'un dans l'autre, et l'on soude un second fil de cuivre au bout libre du fil de platine ; puis l'on brûle un peu de soufre sur l'anneau de cuivre. Ces dispositions faites, on place une lampe à alcool sous l'anneau de platine, de manière à porter au rouge sa température, sans que celle de l'anneau de cuivre y parvienne, condition que l'on remplira en mettant le fil de platine à l'extrémité de la flamme blanche de manière que celle-ci soit à très-peu de distance de l'anneau de cuivre. Maintenant, si l'on fait communiquer les extrémités libres des fils de cuivre avec les bouts du fil qui forme le circuit d'un galvanomètre, on a un courant électrique énergique, qui va en suivant le circuit du cuivre au platine, c'est-à-dire que l'électricité négative est formée par ce dernier.

On tient l'anneau de cuivre plus grand que l'autre, afin qu'il s'échauffe moins, lorsqu'on porte au rouge la température de l'anneau de platine. Si l'on place, au contraire, le foyer de chaleur du côté du fil de cuivre, les effets électriques sont inverses, et si l'on substitue au fil de platine un autre fil de cuivre, les effets électriques seront encore les mêmes, comme je l'ai prouvé dans un de mes précédents Mémoires. En ex-

posant à la même température les deux anneaux, il n'y a manifestation d'aucun courant.

La couche de sulfure dont est recouverte la surface de l'anneau de cuivre augmente sensiblement l'intensité du courant.

Voilà donc deux effets électriques distincts obtenus dans un circuit fermé composé de deux fils de métal différents, selon que ces fils sont soudés, ou ne font que se toucher en quelques points. Dans le premier cas, le courant va toujours dans le même sens, soit que l'on chauffe à droite ou à gauche des points de jonction; dans le second, il n'en est pas de même. La seule différence provient de ce que, dans l'un, il y a simplement contact, tandis que dans l'autre il y a contact accompagné d'une action chimique qui détermine la formation d'un oxide ou d'un sulfure.

L'expérience suivante montre l'influence de l'action chimique dans ces sortes de phénomènes : si l'on fait brûler un fragment de soufre à l'une des extrémités d'un fil de cuivre qui forme le circuit d'un galvanomètre, et que l'on pose l'autre bout dessus, au moment où la combustion est dans toute sa force, le courant électrique qui a lieu alors est des plus énergiques et plus intense que celui qui provient d'une simple différence de température.

Soit maintenant un tube recourbé en U, contenant une dissolution de nitrate ou de sulfate de cuivre; on plonge dans chaque branche un fil de cuivre qui communique à l'un des bouts du fil formant l'appareil que je viens de décrire; après une heure d'expérience, le bout qui correspond au côté négatif est recouvert de cuivre précipité à l'état métallique, tandis que l'autre s'est sensiblement oxidé.

Deux fils d'étain, disposés comme les fils de cuivre et plon-

gés dans une dissolution d'hydrochlorate d'étain, donnent les mêmes résultats, c'est-à-dire que le fil qui communique au côté négatif se recouvre de cristaux d'étain.

Les fils de zinc, d'argent et de plomb, plongés dans leurs dissolutions respectives, donnent lieu aux mêmes phénomènes.

Les fils de platine sont sans action sur la dissolution de platine.

Des fils de platine, d'or, d'argent, etc., plongés dans les dissolutions de plomb, d'étain ou de cuivre, et disposés comme ci-dessus, sont absolument sans action sur elles, bien que le courant ait toujours la même intensité.

Quand on plonge deux fils d'argent dans les dissolutions de sulfate et de nitrate de cuivre, le fil positif est toujours attaqué par l'acide, et il ne se forme pas de précipité sur le fil négatif. L'oxigène et l'acide se transportent donc ici plus facilement au pôle positif que le cuivre au pôle négatif.

Dans le nitrate d'argent, les fils de platine, comme ceux d'argent, produisent un précipité. Seulement il est plus abondant sur le fil d'argent que sur l'autre. On rend sensible cette différence en plongeant en même temps dans la dissolution un fil d'argent et un fil de platine, enroulés l'un sur l'autre.

On voit donc qu'avec des tensions électriques égales, mais excessivement petites, les métaux, facilement réductibles, se précipitent de leurs dissolutions sur des lames de même métal; tandis que la combinaison en général n'est pas dérangée quand ces lames sont d'un autre métal que celui qui entre dans la dissolution, et qui n'opère pas de précipité par lui-même, comme le fer plongé dans une dissolution de cuivre. Ce fait remarquable ne peut être observé qu'avec des appareils

électriques à très-faibles tensions, attendu que, lorsque cette tension a une certaine énergie, le métal dissous se rend toujours au pôle négatif, quel que soit le fil ou la lame de métal qui plonge dans la dissolution.

D'où peut donc provenir, dans cette circonstance, la prédilection d'un métal qui est combiné avec un acide, pour une lame de même métal? On ne voit que la force de cohésion, quelle qu'elle soit, qui puisse avoir ici de l'influence; car on doit la supposer plus grande pour des molécules semblables que pour des molécules dissemblables. Dans ce cas, la force d'agrégation, plus celle du courant électrique, détermineraient la précipitation.

Si l'on veut obtenir des effets continus avec l'appareil thermo-électrique, il faut renouveler de temps à autre l'anneau de cuivre, dans lequel passe celui de platine, parce qu'il arrive un point où, le cuivre étant tout-à-fait oxidé, il y a peut-être solution de continuité, et alors les effets chimiques cessent.

Un appareil formé avec un fil de platine et un fil de fer est sans action pour produire des décompositions. Cet effet négatif tient sans doute aux propriétés électriques singulières du fer, dont j'ai parlé dans un précédent Mémoire, et sur lesquelles je reviendrai.

Le contact des liquides et des métaux et les actions chimiques dégagent assez d'électricité, quoique la tension soit très-faible, pour opérer des décompositions analogues à celles dont je viens de parler.

On prend deux très-petits bocaux en verre; dans l'un on verse de l'acide nitrique, et dans l'autre une dissolution de potasse, et on établit la communication entr'eux, au moyen

d'un tube recourbé en verre, d'un petit diamètre, rempli d'une dissolution d'hydrochlorate de soude, puis l'on plonge dans chaque liquide une lame de platine fixée à l'extrémité d'un fil de même métal. On fixe ensuite, à chaque extrémité libre des fils de platine, un fil du métal que l'on veut soumettre à l'expérience. La lame, en contact avec l'alcali, prend l'électricité négative, et celle qui est dans l'acide, l'électricité positive; on a donc une pile permanente, si l'on a l'attention de fermer les flacons, pour éviter l'évaporation et l'action de l'air sur l'alcali.

On peut encore substituer à la potasse de l'eau, et plonger dans chaque bocal un fil de cuivre; il y a alors action chimique et courant électrique du cuivre à l'acide, comme s'il y avait simplement contact. Le courant est assez fort pour produire des décompositions semblables à celles que j'ai citées plus haut.

Analyse des Phénomènes décrits précédemment.

Il s'agit maintenant de reconnaître si, dans le mode de décomposition que je viens d'indiquer, l'oxigène et l'acide se rendent au pôle positif, comme dans la pile ordinaire. Le fil qui communique au pôle négatif se recouvre bien de métal, mais rien ne prouve encore que l'oxigène et l'acide se transportent au pôle positif.

J'ai déja montré plus haut que, lorsqu'on plongeait dans une dissolution de nitrate de cuivre deux fils d'argent en communication l'un et l'autre avec l'appareil de décomposition, le bout positif s'altérait sensiblement, tandis que l'autre restait toujours brillant dans la dissolution, sans qu'on pût

apercevoir sur sa surface aucune trace de cuivre précipité à l'état métallique. Le cuivre est donc resté dans la dissolution ; ainsi il n'y a pas eu transport des deux éléments qui forment le nitrate.

Soient maintenant deux petits vases en verre, de forme cylindrique, l'un renfermant une dissolution de nitrate de baryte et l'autre une dissolution de sulfate de cuivre : on établit la communication entr'eux au moyen d'un tube recourbé d'un petit diamètre, renfermant une dissolution légère de sel marin, pour que le transport de l'électricité puisse se faire aisément. On plonge, dans le sulfate, le fil de cuivre qui correspond au côté négatif, de l'appareil, et dans le nitrate de baryte, l'autre fil. Il est bien évident que si l'acide sulfurique se rend au pôle positif en traversant la dissolution de nitrate, il se combinera avec la baryte et formera un précipité.

Or, il n'en est pas ainsi ; car, après quatre ou cinq heures d'expérience, le bout négatif est recouvert de cuivre, la dissolution du nitrate de baryte ne s'est pas troublée et le bout positif s'est oxidé. Ainsi, il n'y a eu transport que de l'oxigène, et l'acide sulfurique est resté dans le sulfate. Je conclus de là que l'oxigène est plus facilement transportable que l'acide. Cette différence dans la faculté de transport de différents corps ne peut être aperçue qu'en diminuant suffisamment la conductibilité électrique des liquides, qui sépare les deux bouts de fils de métal plongant dedans ; car, dans le cas où deux bouts de fils de cuivre se trouvent, à peu de distance l'un de l'autre, dans une dissolution de sulfate de cuivre, le bout positif s'altère peu à peu, comme s'il était rongé par un acide, et finit par disparaître entièrement, ce qui indique bien que l'acide sulfurique s'y est ransporté : il se

passe alors dans la dissolution une suite continuelle de décompositions et de recompositions. Mais si les deux bouts, au moyen d'un grand tube recourbé rempli d'une dissolution du même sel, se trouvent à une distance de 2 à 3 décimètres, il y a alors précipitation assez abondante de métal au pôle négatif, et transport seulement de l'oxigène au pôle positif, car le bout est comme désagrégé. On voit donc que la distance à laquelle sont placés les fils a une grande influence sur les phénomènes de décomposition produits avec de l'électricité à très-petite tension.

Après avoir exposé, autant qu'il m'a été possible, tout ce qui est relatif aux effets chimiques dus à l'électricité à petite tension, je vais rapporter encore plusieurs faits qui pourront servir à jeter quelque jour sur ce mode d'action.

Les acétates et sous-acétates de plomb sont aussi décomposés par les fils de plomb; mais l'acétate de cuivre, la dissolution saturée du même métal dans l'ammoniaque, ainsi que le sulfate double de cuivre et d'ammoniaque, résistent à l'action de l'électricité à petite tension lorsqu'on plonge dans leurs dissolutions des fils de cuivre; ces remarques ont quelque importance, puisque ces sels sont plus facilement décomposables que les autres par les procédés ordinaires de la chimie.

Nota. Depuis la publication de ce Mémoire, l'auteur a donné l'explication des faits consignés dans le dernier paragraphe, laquelle diffère de celle qu'il a présentée ici.

Fig. 1.

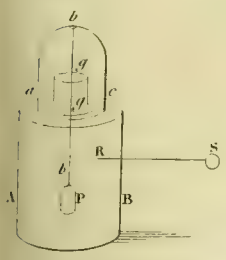


Fig. 2.

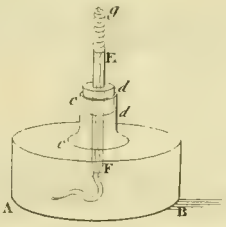
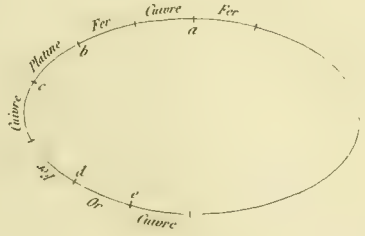


Fig. 3.



Les figures suivantes ayant été oubliées, lors de l'impression du Tom. X, nous les joignons à celles-ci, elles sont relatives aux mémoires de M^r. Becquerel, insérés dans ledit tome.

Fig. 1.

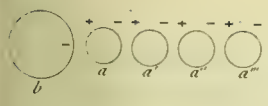


Fig. 2.

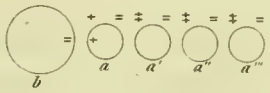


Fig. 3.

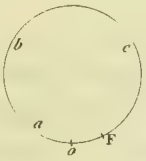


Fig. 4.

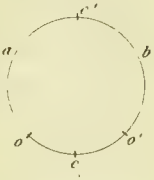


Fig. 5.

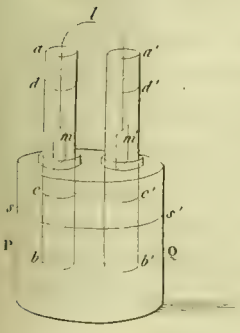
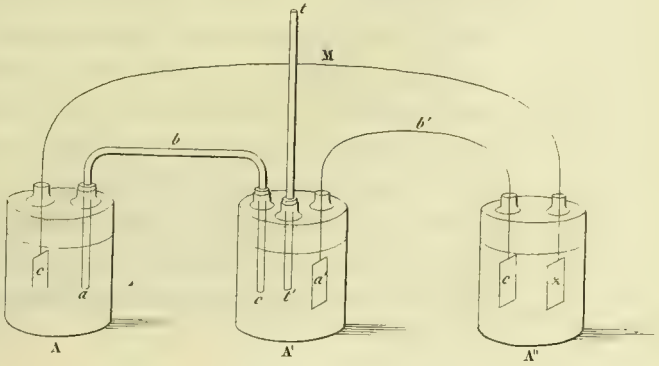


Fig. 6.



Gravé par Adam.

MÉMOIRE

SUR

LES ACTIONS MAGNÉTIQUES

EXCITÉES DANS TOUS LES CORPS PAR L'INFLUENCE D'AIMANTS TRES-ÉNERGIQUES.

PAR M. BECQUEREL.

Lu à l'Académie royale des Sciences, le 17 septembre 1827.

COULOMB est le premier physicien qui se soit occupé des actions produites dans tous les corps par l'influence de forts aimants. Son procédé consiste, comme on sait, à faire osciller entre les pôles opposés de deux barreaux aimantés, de petites aiguilles d'une substance quelconque, suspendues à un fil simple de cocon, lesquelles, après quelques oscillations, viennent se placer dans la direction des pôles. Ce savant célèbre ne voulut pas en conclure de suite que tous les corps étaient magnétiques par eux-mêmes, indépendamment du fer qu'ils pouvaient renfermer, car il chercha à déterminer par le calcul la quantité de ce métal, qui devait être renfermée dans chaque aiguille, pour produire les effets qu'il avait observés. La supposition était naturelle, et s'il l'eût suivie dans toutes ses conséquences, il aurait reconnu

que la direction des corps, suivant la ligne des pôles, n'était qu'un cas particulier d'une loi plus générale.

Une vingtaine d'années s'écoulèrent sans qu'on n'ajoutât rien aux expériences de Coulomb; mais l'importante découverte de M. OErsted et les beaux travaux de M. Ampère, sur l'electro-dynamique, en faisant connaître de nouvelles forces magnétiques, dont on peut augmenter presque indéfiniment l'intensité, a fourni les moyens de soumettre tous les corps à leur influence, et d'observer les différences qui peuvent exister entre ces deux modes d'action ; en mars 1824, j'eus l'honneur de lire devant l'Académie un Mémoire sur des recherches de ce genre. Je substituai à l'aiguille aimantée, dans un galvanomètre, dont chaque bout du fil communiquait à l'un des pôles d'une pile voltaïque, de petites aiguilles en bois, en gomme laque et autres substances, qui éprouvèrent toutes de la part du courant électrique une action telle qu'elles vinrent se placer dans le sens des circonvolutions du fil, au lieu de se mettre dans une direction perpendiculaire, comme on devait s'y attendre en raison du fait observé par Coulomb. M. Arago a constaté aussi l'action d'un aimant sur tous les corps, principalement sur les métaux, en montrant qu'un disque métallique, auquel on imprime un mouvement de rotation rapide, fait dévier l'aiguille aimantée de sa position d'équilibre ordinaire. La rotation multiplie, dans cettte circonstance, les actions magnétiques qui résultent de l'influence de l'aiguille aimantée sur le disque. M. Muncke, professeur de physique à Heidelberg, a fait quelques observations sur l'action qu'éprouve une aiguille d'un laiton particulier placée entre deux aimants. Si ce fil, suspendu horizontalement à un fil de soie, est placé à peu de

distance du pôle d'un aimant, il ne se manifeste ni attraction ni répulsion, mais aussitôt qu'on approche le pôle d'un autre aimant, on aperçoit un magnétisme décisif qui donne une direction à l'aiguille. Cette proprité, suivant M. Muncke, n'appartient à aucun autre corps qu'au laiton, qui la lui a donnée; ainsi elle ne dépend d'aucune loi générale. Telles sont les recherches qui ont été faites pour constater l'action de l'aimant sur tous les corps.

La direction que prennent ces aiguilles de bois ou d'autres substances, quand on les soumet à l'influence d'un courant électrique énergique, et diverses autres considérations, m'engagèrent à étudier de nouveau et comparativement les phénomènes produits sur ces corps, soit par des barreaux fortement aimantés, soit par des courants électriques énergiques. Je ne parlerai seulement dans ce Mémoire que de l'action des aimants sur l'acier, le fer doux, les oxides de fer et le bois, lorsqu'on fait varier leurs distances à l'un des pôles. Les résultats auxquels je suis parvenu pourront servir à fournir quelques données à la théorie du magnétisme.

Des effets éprouvés par une aiguille aimantée ou à une aiguille de fer doux, placée en présence d'un barreau aimanté dont on fait varier la distance.

Quoique les résultats auxquels conduit ce mode d'action se déduisent directement de la théorie mathématique, et ne drésentent par conséquent rien de particulier, j'ai cru convenable néanmoins d'en rapporter ici quelques-uns obtenus par l'expérience, pour montrer comment on passe des actions

d'un aimant sur un autre aimant, ou sur le fer doux, à celles d'un aimant sur tous les autres corps.

M. Haüy, par son procédé du double magnétisme, a montré comment on peut faire prendre à une aiguille aimantée une direction perpendiculaire à celle qu'elle a ordinairement. Il suffit pour cela de mettre un petit barreau aimanté dans le plan horizontal de l'aiguille et dans sa direction, de manière que les pôles de même nom soient en regard; si l'on rapproche alors le barreau de l'extrémité de l'aiguille, celle-ci se dévie de sa direction, et finit par en prendre une qui lui est perpendiculaire. Ces effets résultent des actions combinées des pôles du barreau et de ceux de la terre sur le magnétisme de l'aiguille.

Mais si on agit sur l'aiguille aimantée avec un barreau qui n'est plus dans son plan, et en mettant en regard le pôles de nom contraire, au lieu des pôles de même nom, elle ne change pas de direction, tant que le centre de suspension est a une distance convenable du pôle le plus voisin; il n'en est plus de même quand cette distance varie dans certaines limites, comme on le verra dans le tableau suivant.

Le barreau aimanté dont j'ai fait usage a huit décimètres de longueur sur quatre centimètres de large, et est formé de six barreaux jointifs.

J'ai mis l'aiguille aimantée à diverses hauteurs en dedans et en dehors du barreau, et j'ai cherché pour chacune d'elles la distance horizontale du point de suspension, qui est toujours sur une ligne parallèle à la ligne des pôles, à l'extrémité la plus voisine, pour que sa direction soit perpendiculaire à cette ligne; j'ai obtenu alors :

DISTANCE verticale du centre de suspension au barreau.	DISTANCE horizontale du centre de suspension à l'extrémité, pour que l'aiguille prenne la position perpendiculaire.
millim.	millim. en dedans,
100	60
150	55
200	46
250	23
300	12
350	45 en dehors.
400	82

On voit donc que lorsque le centre de suspension est au-dessus du barreau, il faut, pour obtenir la direction perpendiculaire à la ligne des pôles, augmenter la distance verticale, en même temps qu'on diminue la distance horizontale.

L'aiguille étant dans la direction perpendiculaire, si l'on continue à porter en avant le centre de suspension, elle reprend naturellement sa direction primitive.

En substituant à l'aiguille aimantée une aiguille de fer doux, on obtient des résultats absolument semblables à ceux que je viens d'exposer : ils n'en diffèrent que par l'intensité. Ainsi cette aiguille, quand elle est dans la direction

perpendiculaire, a encore ses pôles à peu de distances des extrémités. Jusqu'ici il n'y a aucun phénomène nouveau, il n'en est plus de même des faits suivants.

Actions d'un barreau aimanté sur une petite cartouche de papier remplie d'un mélange de deutoxide et de tritoxide de fer.

Je n'examine pas ce qui a lieu quand on soumet à un barreau aimanté une petite cartouche de papier qui renferme seulement du deutoxide de fer, parce que cette substance étant très-magnétique, les effets sont les mêmes que ceux qu'on obtient avec une aiguille aimantée; cela ne s'accorde pas avec l'effet produit par un courant, ce qui est fort remarquable; mais il n'en est plus ainsi en soumettant à l'expérience un mélange de tritoxide et de deutoxide de fer, même dans la proportion de 1 à 20. La distribution du magnétisme ne s'y fait plus comme dans une aiguille d'acier ou de fer, quoique les actions magnétiques soient encore considérables.

Si l'on place le centre de suspension de la cartouche le plus près possible de l'une des extrémités du barreau, de l'extrémité boréale par exemple, et sur une ligne parallèle à la ligne des pôles, cette cartouche se met immédiatement dans une direction perpendiculaire à celle-ci, au lieu de se diriger dans son sens, comme le ferait une aiguille de fer doux. Si on l'écarte de cette direction, elle y revient par une suite d'oscillations dont la vitesse dépend de la quantité de deutoxide qu'elle contient. Il résulte de là que tout le magné-

tisme austral de la cartouche est situé sur la partie qui regarde le barreau, tandis que le magnétisme boréal est de l'autre côté, comme on peut le voir en promenant une petite aiguille aimantée tout le long de la cartouche. Cette distribution du magnétisme est impossible, comme on sait, dans l'acier trempé ou le fer doux soumis à l'influence d'un aimant.

Maintenant, si l'on porte le centre de suspension en dedans du barreau, la cartouche se dévie de la position qu'elle avait d'abord prise, et tend à se rapprocher continuellement de la direction parallèle à la ligne des pôles. Ainsi l'effet est tout-à-fait contraire à celui que donne l'aiguille aimantée dans les mêmes circonstances. Dans cette position, la distribution du magnétisme est encore la même que lorsque le centre de suspension était très-rapproché de l'une des extrémités du barreau. Le magnétisme transversal que la cartouche possède alors est permanent pendant quelque temps, quelque petite que soit la quantité de deutoxide qu'elle renferme. Il doit donc résulter de là des effets composés, quand on retourne la cartouche, puisqu'il se forme alors de nouveaux pôles qui concourent, ainsi que les premiers, à l'action qu'elle éprouve de la part du barreau.

Le tableau suivant renferme divers résultats d'expérience.

DISTANCES verticales du centre de suspension au barreau.	DISTANCES horizontales du centre de suspension à l'une des extrémités du barreau.	DÉVIATIONS de la cartouche par rapport à la direction perpendiculaire à la ligne des pôles.
millimètres.		
10.....	5	24
	10	44
	15	60
	20	73
	25	78
	30	84
20.....	5	50
	10	65
	15	73
	20	77
	30	82
30.....	5	70
	20	76
	30	82

Action d'un barreau aimanté sur une cartouche de papier remplie de tritoxide de fer.

Le tritoxide de fer, retiré du nitrate de même métal, est exempt de deutoxide, et son magnétisme est bien plus faible que lorsqu'il en renferme. Une cartouche de papier qui en est remplie et dont le point de suspension est très-près de l'une des extrémités du barreau, se place aussi dans une

direction perpendiculaire à la ligne des pôles; mais si l'on porte ce point en dedans ou en dehors du barreau, en faisant varier en même temps la distance verticale, la cartouche se dévie de sa direction primitive, sans cependant se mettre dans une direction perpendiculaire à celle qu'elle prend ordinairement, lorsque le centre de suspension est très-rapproché de l'extrémité. Je pense néanmoins qu'il serait possible d'atteindre la direction perpendiculaire, en employant des barreaux aimantés plus énergiques que ceux dont j'ai fait usage.

DISTANCES verticales du point de suspension au barreau.	DISTANCES horizontales du point de suspension à l'extrémité du barreau.	DÉVIATIONS par rapport à la direction perpendiculaire à la ligne des pôles.
	en dehors du barreau.	
	5	25
millimètres.	10	34
5.....	15	48
	20	55
	25	70
	5	32
	10	37
10.....	15	43
	20	46
	25	40
	en dedans.	
	10	26
	15	»
5.....	20	45
	25	51
	10	20
	15	30
10.....	20	45
	25	50

Dès l'instant que le tritoxide de fer renferme une très-petite quantité de deutoxide, la vitesse des oscillations de la cartouche augmente d'une manière assez forte : par exemple, si l'on en prend deux parfaitement égales, dont l'une soit remplie de tritoxide de fer et l'autre de tritoxide, mélangé avec un vingtième de deutoxide, la première fera 12 oscillations en 30 secondes, autour de la direction perpendiculaire à la ligne des pôles, tandis que l'autre en produira 25 dans le même temps. Cette différence suffit pour montrer que l'on peut se servir du procédé que je viens d'indiquer, pour déterminer la quantité de deutoxide de fer qui est renfermée quelquefois dans le tritoxide.

Action de deux aimants très-puissants sur une aiguille de bois.

Le bois, la gomme laque et autres substances, ont encore un magnétisme plus faible que le tritoxide de fer, aussi sera-t-il nécessaire de rapprocher les distances, pour rendre les effets plus sensibles.

Je place d'abord l'aiguille de bois, qui a 4 cent. de long, entre deux pôles opposés de deux aimants, dont les extrémités sont à quelques millimètres de distance, et son point de suspension le plus rapproché possible de l'intervalle qui les sépare. L'aiguille vient alors se placer perpendiculairement à la ligne des pôles, au lieu de se mettre dans sa direction, comme l'a observé Coulomb, quand les extrémités sont à une certaine distance l'une de l'autre; ainsi, dans la position où je l'ai mise, elle se comporte comme la cartouche qui renferme un mélange de tritoxide et de deutoxide,

ou seulement du tritoxide. Mais si on éloigne peu à peu les extrémités, elle finit par se mettre dans la ligne des pôles; aussi trouve-t-on les résultats suivants:

DISTANCES des extrémités des barreaux.	DÉVIATIONS.
millim.	
10	18
20	36
30	56
«	«

Lorsque ces deux barreaux sont très-rapprochés l'un de l'autre et que l'aiguille est perpendiculaire à la ligne des pôles, si on la dérange de cette position et qu'on la maintienne pendant quelques instants dans le sens de cette ligne, elle y reste; mais le moindre mouvement la fait revenir dans sa direction primitive, qui est celle qu'elle prend de préférence.

En ne se servant que d'un seul barreau, et plaçant l'aiguille de bois précisément vis-à-vis l'une de ses extrémités et le plus près possible de la ligne qui la termine, elle se dirige encore perpendiculairement à la ligne des pôles. Mais si le point de suspension restant toujours sur cette ligne, on l'avance en dedans du barreau, l'aiguille se dévie de sa direction, sans cependant atteindre 90^{p}; ou du moins, si elle y parvient, c'est d'une manière irrégulière, quand le point de suspension est au-delà d'une certaine distance de l'extré-

mité du barreau. Cela prouve que passé cette distance, le moindre changement dans la position du centre de suspension, suffit pour modifier singulièrement la direction.

DISTANCES du centre de suspension à l'extrémité des barreaux.	DÉVIATIONS de l'aiguille de bois.
millim.	
5	12
10	18
15	«

L'action d'une aiguille de gomme laque sur un aimant seulement est appréciable, mais moins que celle de bois.

Dans la cartouche remplie de tritoxide de fer, et les aiguilles de bois, de gomme laque et autres, il est impossible de reconnaître la position des pôles, comme dans la cartouche qui renferme du tritoxide et du deutoxide ; on peut dire seulement par analogie qu'ils sont placés dans le même sens, attendu que ces corps se mettent dans la même position, quand on les place semblablement.

En résumé, on voit que les effets magnétiques produits dans l'acier ou le fer doux, par l'influence d'un barreau fortement aimanté, diffèrent essentiellement de ceux qui ont lieu dans tous les corps où le magnétisme est plus faible. Dans les premiers, quelles que soient les directions qu'ils prennent par rapport au barreau, la distribution du magnétisme s'y fait toujours dans le sens de la longueur, à l'exclusion de toute autre direction, tandis que dans le tritoxide de fer, le

bois, la gomme laque, elle a lieu la plupart du temps dans le sens de la largeur, et toujours lorsqu'on n'emploie qu'un seul barreau et quelleque soit la direction de l'aiguille.

Cette différence d'effets, qui établit une ligne de démarcation entre ces deux espèces de phénomènes, tient à ce que le magnétisme étant très-faible dans le tritoxide de fer, le bois, on peut négliger la réaction du corps sur lui-même; dès-lors l'action directe du barreau doit l'emporter. Néanmoins, ce principe seul n'explique pas les diverses positions que prennent, en présence du barreau, les corps soumis à leur influence et dans lesquels la distribution du magnétisme se fait ordinairement dans le sens de la largeur.

Quoique les nombres que j'ai rapportés dans ce Mémoire représentent assez exactement les déviations des différentes aiguilles, on ne doit néanmoins les considérer que comme des valeurs approchées, car il aurait fallu des appareils d'une grande précision, pour les déterminer avec exactitude. Mais, comme les résultats principaux m'ont paru importants, j'ai pris la liberté de les communiquer à l'Académie, en attendant que je revienne avec de nouveaux détails sur cette question, à laquelle je rattacherai les effets produits dans tous les corps par l'influence de courants électriques énergiques.

MÉMOIRE

Sur l'attraction qui se manifeste, à des distances sensibles, entre des surfaces solides, mouillées par un liquide dans lequel elles sont submergées.

PAR M. P. S. GIRARD.

Lu à l'Académie royale des Sciences, le 27 juin 1825.

L'EXPÉRIENCE a depuis long-temps appris que la surface de certains corps solides peut être mouillée par des liquides qui n'ont pas la propriété de mouiller la surface de certains autres corps.

Ainsi le mercure, qui jouit de la faculté de mouiller plusieurs métaux et d'adhérer à leur surface, est privé de la faculté de mouiller la surface du verre, du bois et de beaucoup d'autres substances.

L'expérience a pareillement appris que la surface d'un même corps solide, susceptible d'être mouillée successivement par divers liquides, était, dans les mêmes circonstances, mouillée diversement suivant la nature de ceux-ci.

On sait par exemple, qu'à la même température une lame de verre mouillée d'alcool, retient adhérente à sa surface une couche de cette liqueur plus épaisse que la couche d'eau qui

adhère à cette même surface de verre lorsqu'elle est mouillée par ce dernier fluide.

Cette propriété des corps solides de retenir à leur surface une couche plus ou moins épaisse du liquide qui les mouille, se manifeste surtout lorsque ces corps sont réduits en molécules très-tenues, et que ces molécules se trouvent disséminées dans le liquide en assez grande quantité pour que par l'effet de leur rapprochement, les atmosphères qui leur sont adhérentes se pénètrent mutuellement. Alors l'expérince démontre que par l'intermède de ces atmosphères, les molécules solides qui en sont entourées tendent à se rapprocher les unes des autres avec d'autant plus de force qu'elles sont déja plus rapprochées : actions et réactions mutuelles, qui, se transmettant au fluide interposé, le soumettent en tout sens à des pressions nouvelles, dont on peut, à l'aide de l'aréomètre, apprécier l'intensité.

J'ai fait voir dans un de mes précédents mémoires (1), comment le degré de cet instrument différait alors, et devait réellement différer de celui par lequel serait indiquée la pesanteur spécifique du mélange formé du liquide et des molécules solides qui y sont disséminées. Dans ce dernier cas, la pesanteur spécifique indiquée par l'instrument n'exprime autre chose que la force avec laquelle chaque molécule du mélange considéré comme homogène gravite vers le centre de la terre; tandis que dans le premier cas, l'aréomètre indique non-seulement la pesanteur spécifique du li-

(1) Mémoire sur les atmosphères liquides, et de leur influence sur les molécules solides qu'elles enveloppent. (Mémoires de l'Académie royale des sciences de l'Institut de France, tome IV, années 1819 et 1820.)

quide pur interposé entre les molécules solides qui y sont suspendues, mais encore la force avec laquelle ce liquide gravite sur toutes ces molécules.

Quoique les expériences par lesquelles ces faits ont été constatés ne laissent point d'incertitude, cependant l'importance de ces faits et de leurs conséquences en exigeait la confirmation par d'autres procédés.

J'ai donc pensé à rendre sensible sur de grandes surfaces susceptibles d'être mouillées par un liquide, l'attraction qu'elles exercent l'une sur l'autre par l'intermède de ce liquide, et à mesurer rigoureusement, s'il était possible, l'intensité de cette action, à raison de la distance à laquelle elle s'exerce.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie l'appareil que j'ai fait construire à cet effet.

Si l'on imagine deux surfaces solides parfaitement planes, suspendues verticalement dans un liquide susceptible de les mouiller, la couche de ce liquide qui leur sera adhérente, formera sur chacune d'elles une espèce d'enveloppe fixe. Si maintenant on rapproche l'une de l'autre les deux surfaces mouillées, à une distance assez petite pour que leurs enveloppes liquides se pénètrent, ces surfaces, d'après ce qui précède, devront s'attirer mutuellement avec d'autant plus de force que leur distance sera moindre.

Afin de rendre sensible, et d'apprécier l'effet de cette force, concevons qu'en écartant de la verticale suivant laquelle on les suppose suspendues librement, on rapproche les deux surfaces mouillées à une distance déterminée l'une de l'autre.

Si cette distance est plus grande que la double épaisseur

de la couche liquide adhérente à chacune d'elles, ces deux enveloppes liquides, mises seulement en présence, ne se pénétreront pas, et alors les deux surfaces mouillées, obéissant à la pesanteur qui leur reste dans le fluide où elles sont immergées, reviendront, comme un pendule isolé, à la position verticale dont on les avait écartées : or, il est évident que cela aura lieu dans un certain intervalle de temps qui dépendra de la longueur du fil auquel ces surfaces seront suspendues, et de la résistance que le fluide opposera à leur mouvement; il est évident de plus, qu'en faisant abstraction de cette résistance, ce qu'il est toujours permis de faire quand le mouvement du pendule est extrêmement lent, la durée des oscillations sera la même, quel que soit l'intervalle dont on l'aura primitivement écarté de la verticale.

Mais si admettant une autre hypothèse, les deux surfaces solides immergées sont tellement rapprochées que les couches fluides qui leur sont adhérentes, se pénètrent, ces deux surfaces seront attirées l'une vers l'autre, l'action de la pesanteur dans le liquide sera contrebalancée en partie par cette attraction ; et lorsqu'elles seront abandonnées à elles-mêmes, le temps qu'elles emploieront à revenir dans un plan vertical, c'est-à-dire la durée de leur première demi-oscillation sera d'autant plus considérable, que leur attraction mutuelle était plus grande, ou qu'elles étaient placées à une distance moindre au moment où cette première oscillation a commencé.

On peut rendre aussi faible que possible l'effort de la gravité sur les surfaces mouillées, soit qu'on donne à ces surfaces, par un moyen quelconque, une pesanteur spécifique qui diffère aussi peu qu'on le voudra de celle du li-

quide dans lequel elles sont submergées, soit qu'on diminue l'angle que forment entre eux leurs fils de suspension lorsqu'on les écarte de la verticale pour rapprocher les deux surfaces qu'ils soutiennent.

D'un autre côté, en interposant fixement entre elles un fil métallique d'une grosseur déterminée, et en les rapprochant assez à l'aide d'une certaine pression pour les mettre en contact avec les deux côtés opposés de ce fil, il est évident que le diamètre de celui-ci sera la mesure exacte de l'intervalle qui les sépare. Si alors on abandonne ces surfaces aux actions contraires de leur attraction mutuelle, et de leur pesanteur dans le liquide, décomposée parallèlement à cette attraction, la durée de leur première oscillation sera nécessairement une certaine fonction de la différence de ces deux forces contraires. Si donc on observe cette durée en faisant varier ensemble ou séparément le diamètre du fil métallique interposé entre les surfaces mouillées, et l'amplitude de leur mouvement, l'observation indiquera comment varieront entre elles la distance des deux surfaces à l'origine de leur première oscillation, l'amplitude et la durée de celle-ci.

L'appareil que je mets sous les yeux de l'Académie a été construit sur ces principes.

Au-dessus d'un vase cylindrique de verre ABCD (fig. 1 et 2), et dans la direction d'un de ses diamètres, est fixée solidement une règle de cuivre EF.

Cette règle horizontale, que nous appellerons *directrice* ou *sommier de l'appareil*, porte transversalement deux barres de même métal $ghg'h'$ (fig. 3) qui l'embrassent à frottement, et peuvent glisser sur elle en conservant leur parallélisme.

Ces barres transversales sont en saillie de chaque côté du sommier de l'appareil, et portent extérieurement à ce sommier de petites entailles destinées à accrocher les fils de soie $i\,K$, $i'\,K'$ (fig. 1 et 2) auxquels les plaques de verre p et p', mises en expérience, sont suspendues.

Chacune de ces plaques, dont la pesanteur spécifique serait beaucoup plus considérable que celle du liquide où elles sont immergées, est mastiquée sur un prisme de liége $L_1\,L_2'$ de même surface rectangulaire, et forme ainsi avec lui un corps composé, dont la pesanteur spécifique peut être réglée à volonté suivant le plus ou moins d'épaisseur que l'on donne au prisme de liége, de l'autre côté duquel on mastique aussi une plaque de verre de la même épaisseur que la première, afin de rendre ce système symétrique autant que possible par sa composition.

Les fils de soie $i\,k\,i'\,k'$ (fig. 2), par lesquels ce système est suspendu, sont fixés sur deux de ses faces verticales opposées, aux extrémités de l'intersection $k\,k'$ des deux plans rectangulaires qui passent par le centre de gravité de cette espèce de pendule (fig. 2).

Au moyen d'un lest additionel de position variable que l'on forme de petites lames de plomb lorsque le pendule est trop léger, ou de petits prismes de liége lorsqu'il est trop pesant, on fait en sorte qu'étant immergé, le centre de gravité du système ainsi modifié coïncide exactement avec son centre de grandeur, précaution nécessaire pour que les deux cordons de suspension soient également tendus, et pour assurer la verticalité des quatre faces du prisme lorsqu'on procède aux expériences.

Les deux pendules $p\,L$ et $p'\,L'$, composés comme il vient

d'être dit, doivent être du même poids dans le liquide, et de dimensions parfaitement égales. Ces préparations indispensables, et qui, pour le dire en passant, ne sont pas la partie la moins délicate des observations, étant achevées, on suspend les deux pendules au *sommier* E F de l'appareil (fig. 1), en ayant soin que les arêtes rectangulaires de l'un coïncident exactement avec les arêtes de l'autre quand on met leurs surfaces en contact.

Pour en opérer à volonté et avec précision le rapprochement ou l'écartement, chacune des barres transversales gh, $g'h'$, qui soutiennent les deux pendules, portent verticalement en saillie sur son plan et dans son milieu un écrou de cuivre m, m', (fig. 1 et 3).

Ces deux écrous fixés suivant l'axe de la *directrice* et taraudés l'un de droite à gauche, et l'autre de gauche à droite, sont traversés par un arbre d'acier $v\,v'$, qui est soutenu sur deux montants verticaux r, r' implantés aux deux extrémités du *sommier* E F. Chacune des deux moitiés de cet arbre porte le même pas de vis que l'écrou dans lequel elle passe; et comme les pas de vis vont en sens contraire, on conçoit que suivant le sens du mouvement que l'on imprime à la manivelle M, adaptée à l'un des bouts de cet arbre, on approche ou l'on éloigne l'une de l'autre les deux barres transversales auxquelles les pendules sont attachés.

Afin d'évaluer avec précision l'intervalle qui les sépare en un instant quelconque, le *sommier* de l'appareil est divisé, à partir de son milieu, en centimètres et millimètres (fig. 3); un biseau pratiqué sur les barres transversales gh, $g'h'$, dans le plan des cordons de suspension des glaces, indique par sa coïncidence avec les divisions de la *directrice*, la dis-

tance horizontale dont les points de suspension des deux pendules se trouvent éloignés.

Quelle que soit la grosseur du cylindre ou fil métallique que l'on interpose entre les deux glaces pour en mesurer la distance à l'instant où on les abandonne à l'action des forces auxquelles elles sont soumises, il faut préalablement s'assurer de leur contact avec ce cylindre ou fil intermédiaire, en exerçant, comme nous l'avons déja dit, sur les faces postérieures des pendules rectangulaires dont elles font partie une pression déterminée, dans le plan horizontal qui passe par le centre de gravité et de grandeur des deux pendules.

Afin d'opérer régulièrement cette pression et de pouvoir au besoin en obtenir l'évaluation rigoureuse, on a construit deux cercles ou roues de cuivre s, s' (fig. 2), dont l'axe commun, perpendiculaire à leur plan, peut être chargé d'un poids plus ou moins considérable de rondelles de plomb Q. Deux fils de soie t, t' (fig. 1), fixés aux extrémités de cet axe, le tiennent suspendu horizontalement à une coulisse de cuivre xy (fig. 1) qui glisse elle-même au-dessous du *sommier,* de manière qu'en mettant les deux roues de cuivre en contact avec les faces postérieures de chaque pendule, et en rapprochant plus ou moins du centre de l'appareil les points de suspension de cette espèce de chariot, on fera varier l'angle compris entre les fils qui le soutiennent et la verticale, et par conséquent la pression exercée horizontalement sur les plaques en expérience, en vertu du poids du chariot et des rondelles de plomb dont il est chargé.

Cette pression horizontale ayant eu lieu pendant quelques minutes, on recule doucement les deux chariots vers les

extrémités du *sommier* de l'appareil. Les deux pendules se trouvent alors abandonnés aux actions contraires de leur pesanteur et de leur attraction mutuelle, et il ne reste plus qu'à observer le temps qu'ils emploient à se détacher l'un de l'autre, et à revenir dans le plan vertical de leur suspension libre.

Recherchons maintenant l'expression générale des forces qui agissent sur l'appareil que nous venons de décrire pendant la durée des observations dont il est l'objet. Soient,

Le poids dans le liquide des deux pendules composés de verre et de liége..... $= 2P$;

L'angle $i'L'm$ (fig. 1) que forment leurs fils de suspension avec la verticale dans une position quelconque. $= x$;

La tension de chacun de ces fils..... $= T$;

Leur longueur..... $= l$;

La distance du point de suspension i' de l'un des pendules au plan vertical qui passe par le milieu de l'appareil..... $= b$;

La distance du centre de gravité L' de ce pendule (fig. 1) à ce même plan vertical, en un point quelconque de l'arc qu'il décrit..... $= s$;

Le poids de ce pendule décomposé horizontalement en ce point..... $= F$;

La demie épaisseur du pendule..... $= E$.

Enfin le demi-diamètre du cylindre ou fil métallique interposé entre les deux surfaces mouillées pour en mesurer l'écartement primitif..... $= e$.

On a, comme on sait, par les principes de statique ;

$$2P : T :: \sin. 2x : \sin. x :: 2\cos. x : 1,$$

d'où l'on tire,

$$T = \frac{P}{\cos. x}.$$

Cette tension qui représente l'effort du poids P dans la direction du fil, devant être décomposée horizontalement, on a,

$$\frac{P}{\cos. x} : F :: 1 : \sin. x ;$$

et par conséquent,

$$F = \frac{P \sin. x}{\cos. x} = P \tang. x.$$

Substituant aux quantités angulaires les lignes qui leur sont proportionnelles, on trouve,

$$\tang. x = \frac{(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}};$$

et par suite,

$$F = \frac{P(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}}.$$

Cette composante horizontale du poids du pendule immergé peut être supposée concentrée sur la surface mouillée qui en fait partie, comme si ce pendule était réduit à une simple surface pesante.

Supposons maintenant que l'attraction des deux surfaces mouillées, lorsqu'elles sont abandonnées à elles-mêmes et que les centres de gravité L et L' des deux pendules dont elles font partie se trouvent séparés d'un intervalle $= 2s$, soit représentée par une certaine fonction $\varphi(s)$ de cet intervalle; la force accélératrice avec laquelle elles tendront à s'éloigner en un point quelconque de l'arc qu'elles décrivent du plan vertical fixe qui passe par le milieu de l'appareil, sera :

$$\frac{P(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}}-\varphi(s);$$

et l'on aura par les lois du mouvement varié, dt étant l'élément du temps, et du la différentielle de la vitesse actuelle du pendule décomposée horizontalement,

$$\left(\frac{P(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}}-\varphi(s)\right)dt=du;$$

ou bien, à cause de $du=\frac{d^2s}{dt}$;

$$dt^2=\frac{d^2s}{\frac{P(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}-\varphi(s)}};$$

ou bien encore, en faisant $\frac{ds}{dt}=p$,

$$ds=\frac{p\,dp}{\frac{P(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}-\varphi(s)}};$$

équation séparée en s et en p, et dont l'intégration ne dépend que de la forme de la fonction $\varphi(s)$, car on a,

$$p^2=A+2\int ds\left(\frac{P(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}-\varphi(s)}\right);$$

et enfin,

$$t=B+\int\frac{ds}{\sqrt{A+2\int ds\left(\frac{P(b-s)}{\sqrt{l^2-(b-s)^2}-\varphi(s)}\right)}};$$

La constante A, introduite dans cette valeur de t par la première intégration, doit être déterminée de telle sorte

que s, étant égale à la somme $E + e$ des demi-épaisseurs du pendule et du fil métallique, le rapport $\frac{ds}{dt} = p$ ait une certaine valeur.

L'autre constante B se détermine par la condition que t soit $= 0$, lorsque $s = E + e$.

Enfin l'intégrale qui exprime la durée du temps t pendant lequel les deux pendules se meuvent sous l'influence de leur attraction mutuelle, serait complétée lorsque l'on aurait $s = E + r$; r étant l'épaisseur de la couche liquide qui mouille verre, et qui lui est adhérente.

Dans le cas où la fonction $\varphi(s)$ serait connue *a priori*, et où la valeur de t serait assignable en termes finis, il ne resterait qu'à vérifier cette valeur de t par l'expérience, et cette vérification, si elle avait lieu, prouverait la vérité de la loi d'attraction exprimée par $\varphi(s)$. Mais tant que cette loi sera inconnue, l'expérience ne pourra servir d'abord qu'à constater le phénomène d'attraction dont il s'agit, dans différentes circonstances propres à en faire varier les apparences; elle pourra conduire plus tard, par des observations plus nombreuses et l'emploi d'appareils plus parfaits, à la détermination de cette loi d'attraction.

Avant d'exposer les résultats de celles que nous avons recueillies, il convient d'apprécier numériquement les forces que notre appareil est propre à mesurer.

Nos deux surfaces de verre, mises en regard, ont 10 centimètres de large, 5 centimètres de hauteur, et par conséquent 50 centimètres superficiels.

L'épaisseur de chaque pendule est de 2 centimètres.

Son poids dans l'eau où il est submergé, est d'un gramme.

La longueur de ses fils de suspension est de 18 centimètres.

Les deux glaces étant rapprochées l'une de l'autre de l'épaisseur du fil métallique interposé, on a au premier instant de leur mouvement $s = E + e$, et pour la valeur de F

$$F = \frac{P(b - E - e)}{\sqrt{l^2 - (b - E - e)^2}}$$

en prenant le centimètre pour unité linéaire, et le gramme pour unité de poids, si l'on suppose $b = 1,5$; $E = 1$, $e = 0^{cent.},002815$, on aura pour la composante horizontale du poids du pendule

$$F = \frac{1^{gra.} \times (0^{cent.},5 - 0^{cent.},002815)}{\sqrt{(18)^2 - (0,5 - 0,002815)^2}}.$$
$$= 0^{gra.},027911.$$

C'est l'effort avec lequel les deux glaces tendent à s'éloigner l'une de l'autre au premier instant où, après avoir été mises en contact avec le fil métallique intermédiaire, elles sont abandonnées à elles-mêmes.

Mais la superficie de ces glaces est de 50 centimètres carrés : donc l'effort sur cette unité de surface est de $0^{gr.},000558_2$, et par conséquent de $0^{gr.},00000558_2$, sur un millimètre superficiel.

Or, un millimètre carré est une surface très-sensible, d'où l'on voit combien notre appareil est propre à apprécier des poids que les balances de torsion les plus délicates auraient de la peine à saisir.

Tout ceci bien entendu, j'arrive à la description de nos expériences et à la discussion de quelques uns de leurs résultats.

J'ai commencé par suspendre successivement entre nos deux glaces mouillées deux bouts de cylindre de verre: 1° de 6 millimètres, 2° de 4 millimètres $\frac{1}{2}$, 3° de 2 millimètres $\frac{1}{2}$ de diamètre. L'écartement primitif des glaces ayant été ainsi mesuré, les deux pendules dont elles font partie ont été abandonnés à leur pesanteur.

La différence entre les trois distances initiales auxquelles les glaces se sont trouvées l'une de l'autre n'en a produit aucune dans la durée de leur première demi-oscillation correspondante à chaque expérience.

Cette durée était de 7 secondes; la distance des points de suspension du pendule au plan vertical qui passe par le milieu de l'appareil étant de 20 millimètres.

Il suit de là qu'à 2 millimètres $\frac{1}{2}$, la plus petite des distances auxquelles les deux glaces ont été placées dans les trois observations que nous venons de rapporter, les couches liquides qui leur étaient adhérentes ne se pénétraient point encore, c'est-à-dire que l'épaisseur de ces couches était moindre que $\frac{1}{5}$ de millimètre. Nous aurions pu, en diminuant successivement la grosseur des cylindres interposés entre les surfaces mouillées, arriver à reconnaître la distance à laquelle l'attraction des glaces aurait commencé à devenir sensible; mais outre que notre appareil n'était pas disposé pour rendre cette recherche facile et ses résultats suffisamment exacts, nous avions un autre objet en vue : c'était seulement de constater le phénomène de cette attraction.

J'ai choisi en conséquence cinq échantillons de fil d'argent de différentes grosseurs, et que je désignerai, dans ce qui va suivre, par ordre de numéros, à partir du fil le plus fin.

Les diamètres de ces fils mesurés avec beaucoup de précision (1) ont été trouvés, savoir :

Celui du n° 1, de $0^{mill.},0563$;
Celui du n° 2, de 0 ,1127;
Celui du n° 3, de 0 ,1579;
Celui du n° 4, de 0 ,1917;
Enfin celui du n° 5, de 0 ,2481.

J'ai appliqué verticalement sur la surface de verre de l'un de nos pendules, à quelques millimètres de ses côtés verticaux, deux bouts de fil d'argent du même numéro, je les ai tendus autant que possible afin de les mettre en contact avec la surface sur laquelle ils s'appliquaient, j'en ai ensuite enveloppé le pendule, et j'en ai fixé les deux extrémités sous la tête d'une petite épingle implantée dans le prisme de liége sur les faces duquel les plaques de verre sont mastiquées.

Après cette préparation, les deux pendules mis exactement en regard dans le liquide étant rapprochés et pressés l'un contre l'autre, leurs surfaces opposées se sont trouvées distantes d'une quantité égale à l'épaisseur du fil d'argent qui était appliqué sur l'une d'elles.

Faisant alors disparaître la pression qui retenait les deux pendules en contact, et ayant écarté successivement leurs fils de suspension de la verticale de 5, 10, 15, 20 et 25 milli-

(1) M. Le Baillif, dont tous les physiciens connaissent les talents et la précision, a bien voulu, à ma prière, mesurer les diamètres des fils dont je me suis servi.

mètres, mesurés sur la *directrice* ou règle graduée qui soutient tout l'appareil, il a été facile d'observer combien il s'écoulait de minutes et de secondes depuis le moment où les deux pendules étaient abandonnés à eux-mêmes jusqu'à celui où leurs fils de suspension revenaient à la verticale.

Le tableau suivant offre la série de nos observations. Elles ont été faites dans les premiers jours du mois de juin, et pendant leur durée la température a varié de 17 à 24 degrés (therm. centig.).

La première colonne du tableau indique en centimètres la distance des points de suspension de l'un des pendules au plan vertical fixe qui passe par ces mêmes points lorsque les deux pendules sont mis en contact dans leur position naturelle.

Les cinq colonnes suivantes indiquent les composantes horizontales du poids de ces pendules dans les différentes positions de leurs points de suspension, et pour leurs distances initiales déterminées successivement par chacun des cinq fils métalliques interposés.

Enfin les cinq dernières colonnes indiquent les durées de la première demi-oscillation de l'un des pendules correspondantes aux divers degrés d'écartement de ses fils de suspension, et aux différents intervalles primitifs des glaces.

Écart des fils de suspension.	COMPOSANTES HORIZONTALES DU POIDS DES PENDULES, leur écartement primitif étant mesuré par les fils métalliques.					DURÉE EN SECONDES de la première demi-oscillation des pendules; leur écartement primitif étant mesuré par les fils métalliques.				
	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.
cent.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.					
0 ,5	0 ,02763	0 ,02747	0 ,02740	0 ,02725	0 ,02710	832″	585″	380″	273″	163″
1	0 ,05548	0 ,05532	0 ,05520	0 ,05510	0 ,05495	440	261	217	128	91
1 ,5	0 ,08386	0 ,08319	0 ,08318	0 ,08313	0 ,08286	296	177	145	79	64
2	0 ,11164	0 ,11154	0 ,11136	0 ,11133	0 ,11116	225	131	110	56	51
2 ,5	0 ,14023	0 ,14022	0 ,13980	0 ,13972	0 ,13956	184	106	90	44	37

On voit, en jetant les yeux sur les nombres qui composent les cinq dernières colonnes, que l'intervalle primitif des glaces restant le même, la durée de la première demi-oscillation du pendule est d'autant moindre que la force qui tend à le ramener dans la verticale est plus grande : ainsi, lorsque l'écartement des fils de suspension est de 5 millimètres, que l'intervalle primitif des glaces mesuré par l'épaisseur du fil n° 1 est de $0^{mil.},0563$, et par conséquent lorsque la force qui tend à les ramener dans la verticale est représentée par $0^{g},02763$, la durée de la demi-oscillation entière est de 832 secondes; tandis que pour le même intervalle primitif, les fils de suspension étant écartés de 25 millimètres, et par conséquent la force qui tend à les ramener dans la verticale étant représentée par $0^{g},14023$, la durée de cette demi-oscillation n'est plus que 184 secondes.

Cette diminution de durée des premières oscillations du

pendule, à mesure que la force qui les produit devient plus considérable, est une conséquence nécessaire des lois de la mécanique; et sous ce rapport, nos expériences ne font que confirmer une vérité connue.

Mais si l'on considère dans les mêmes lignes horizontales du tableau, les durées des premières oscillations du pendule lorsque l'écartement des fils de suspension restant le même on fait varier l'intervalle primitif des glaces, on voit que la durée des oscillations est d'autant plus grande que cet intervalle primitif est plus petit.

Ainsi, par exemple, le fil d'argent n° 1 étant interposé entre les glaces, ou, ce qui revient au même, ces glaces étant primitivement séparées de $0^{mil.}$,0563, la durée de la première demi-oscillation a été de 832″, tandis que l'intervalle primitif de ces deux surfaces étant mesuré par le fil d'argent n° 5 de 0^{m},248, la durée de la première demi-oscillation n'a été que de 163″, c'est-à-dire, environ cinq fois moindre.

Avant de tirer aucune conclusion de ces observations, il convient d'en indiquer les circonstances essentielles.

Aussitôt que les plaques de verre, après avoir été rapprochées à la distance mesurée par le diamètre d'un de nos fils, sont abandonnées à leur pesanteur et à leur attraction mutuelle, elles paraissent, pendant un temps plus ou moins long, entièrement privées de mouvement. Elles se meuvent cependant, mais avec une vitesse tout-à-fait insensible; leur écartement continue de s'accroître, bientôt on peut apprécier l'intervalle qui les sépare avec d'autant plus de facilité qu'elles paraissent encore en équilibre et retenues l'une à l'autre; enfin, quand elles sont arrivées à 2 millimètres ou 2 millimètres $\frac{1}{2}$ de distance, elles semblent se détacher, et

la vitesse avec laquelle elle s'éloignent s'accélère tout à coup jusqu'à ce que le pendule dont elles font partie se retrouve dans la verticale.

La durée totale d'une oscillation se divise, comme on voit, en deux temps bien distincts.

Le premier, plus ou moins long, est celui pendant lequel l'attraction des glaces contrebalance avec plus ou moins d'énergie l'action de leur pesanteur, ou, ce qui est la même chose, pendant lequel les couches d'eau qui mouillent leur surface et qui leur sont adhérentes se pénètrent mutuellement.

Le second temps de l'oscillation, qui est toujours extrêmement court quand on le compare au premier, est celui qui s'écoule à partir du moment où les couches d'eau qui mouillent les deux surfaces cessent de se pénétrer et s'émergent, pour ainsi dire, l'une de l'autre jusqu'au retour du pendule à la verticale.

Pendant cette dernière partie de l'oscillation les deux pendules ont dépassé la limite de leur attraction mutuelle, et n'obéissent plus qu'à l'action de gravité, modifiée par la résistance du fluide dans lequel ils oscillent.

Or, il résulte des premières observations que nous venons de rapporter, qu'en fixant l'intervalle primitif de nos glaces par l'interposition de cylindres dont les diamètres ont diminué successivement de 6 millimètres à 2 millimètres $\frac{1}{2}$, la durée de la première demi-oscillation de nos pendules a été de 7 secondes environ.

Si donc on supposait que pour tout autre intervalle primitif moindre que 2 millimètres $\frac{1}{2}$, la durée de cette demi-oscillation surpassât 7 secondes, il en faudrait conclure qu'à

cette distance de 2 millimètres $\frac{1}{2}$, les couches liquides qui adhèrent aux glaces cessent de se pénétrer, ou bien que l'épaisseur de ces couches est de 1 millimètre $\frac{1}{4}$.

Comme il ne s'agit pour le présent que de constater un phénomène, et non pas d'en assigner les lois rigoureuses, nous pouvons admettre l'hypothèse que nous venons de présenter.

Ainsi la distance horizontale parcourue par chacune de nos glaces, tant qu'elles demeurent sous l'influence de leur attraction mutuelle, serait de 1 millimètre $\frac{1}{4}$, moins la demi-épaisseur du fil qui mesure leur intervalle primitif; et le temps employé à parcourir cette espace serait la durée entière de l'oscillation observée, diminuée du nombre constant de 7 secondes.

Ces espaces et les temps employés à les parcourir sont indiqués dans notre second tableau.

Écart des fils de suspension.	L'INTERVALLE PRIMITIF DES GLACES ÉTANT MESURÉ PAR LES,									
	Fil n° 1.		Fil n° 2.		Fil n° 3.		Fil n° 4.		Fil n° 5.	
	Espace parcouru.	Temps employé.	Espace parcouru.	Temps employé.	Espace parcouru	Temps employé.	Espace parcouru.	Temps employé.	Espace parcouru.	Temps employé.
cent. 0 ,5		825″		578″		373″		266″		156′
1		433		254		210		121		84
1 ,5	cent. 0 ,1222	289	cent. 0 ,1194	170	cent. 0 ,1171	138	cent. 0 ,1154	72	cent. 0 ,1126	57
2		218		124		103		49		44
2 ,5		177		99		83		37		30

On voit que l'intervalle primitif des glaces étant de $0^{mil.},0563$ (fil n° 1), et l'écartement des fils de suspension de 5 millimètres, le pendule a employé 825″ à parcourir un espace de $1^{mil.},22$: la vitesse moyenne avec laquelle cet espace a été parcouru a donc été de $0^{cent.},000148 = \frac{148}{100000}$ de millimètre par seconde.

On voit aussi que sous le même écartement des fils de suspension l'intervalle primitif des glaces ayant été de $0^{mil.},2481$ (fil n° 5), le pendule a employé 156″ à parcourir $1^{mil.},126$; la vitesse moyenne avec laquelle cet espace a été parcouru a donc été de $0^{cent.},0007\,1795 = \frac{718}{100000}$ de millimètre, c'est-à-dire, cinq fois plus grande qu'elle n'avait été lorsque l'intervalle primitif des glaces se trouvait entre quatre et cinq fois plus petit.

Mais lorsque la vitesse était moindre, la force initiale de la pesanteur qui tend à ramener les pendules dans la verticale était plus grande, puisque, dans ce cas, la quantité e de la formule

$$F = \frac{P(b - E - e)}{\sqrt{l^2 - (b - E - e)^2}}$$

était plus petite, et réciproquement lorsque la vitesse s'est trouvée plus considérable, la force initiale la pesanteur était moindre.

Donc la seule attraction que les surfaces mouillées exercent l'une sur l'autre influe sur la diminution ou l'augmentation des forces observées.

Donc enfin : *Ces surfaces entièrement immergées dans un liquide susceptible de les mouiller, étant assez rapprochées parallèlement entre elles pour que les couches liquides qui*

les mouillent se pénètrent mutuellement, exercent l'une sur l'autre, par l'intermède du liquide interposé, à des distances sensibles et rigoureusement appréciables, des attractions d'autant plus grandes que ces distances sont moindres.

Telle est la conclusion générale qne nous nous bornerons aujourd'hui à tirer de nos observations. En les répétant dans d'autres liquides que l'eau pure, on pourra apprécier les épaisseurs variables de la couche de ces différents liquides adhérents aux surfaces qu'elle mouille; mais il faut, pour rendre ces expériences comparables, qu'elles soient faites à la même température; car ici, comme dans l'écoulement des liquides par des tubes capillaires, la température exerce une très-grande influence sur les résultats qu'on obtient.

J'ai remarqué, par exemple, toutes circonstances égales d'ailleurs, qu'à 5 degrés du thermomètre centigrade nos deux glaces employaient 783″ à se détacher l'une de l'autre, tandis qu'à 20 degrés elles se détachaient après un intervalle de 520″ seulement.

L'appareil que je mets sous les yeux de l'Académie est exécuté depuis plus de quinze ans; mais les expériences auxquelles il était destiné exigeaient plus de temps qu'il ne m'avait été permis jusqu'à présent de leur en consacrer. Cet appareil est sans doute susceptible de perfectionnement: des mains plus habiles pourront en rendre l'emploi plus sûr, et sauront en obtenir des résultats plus rigoureux; tel qu'il est cependant, je le mets à la disposition de ceux de nos confrères que cette branche de la physique intéresse, et qui voudraient l'approfondir.

Fig. 1.

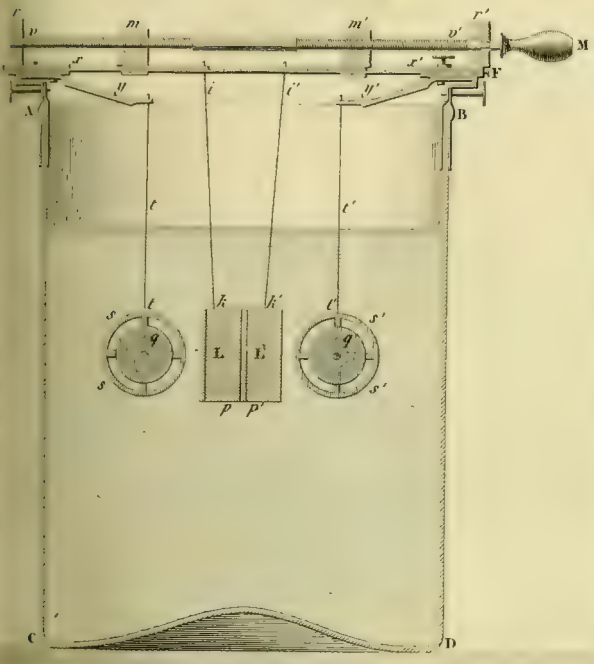


Fig. 2.

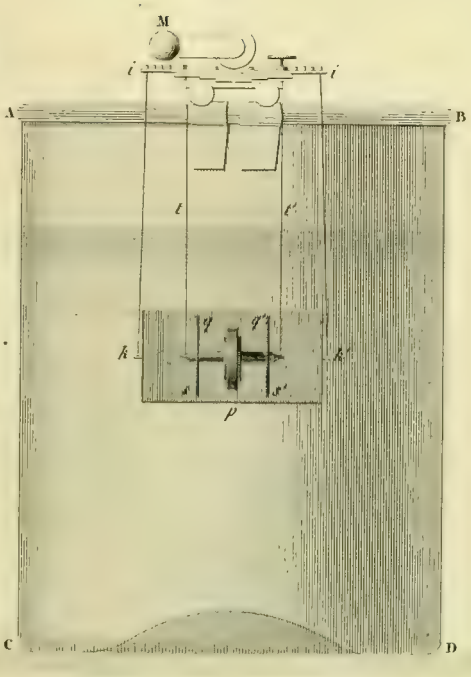
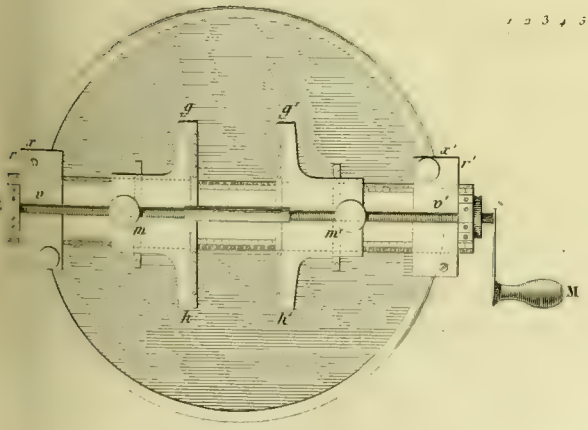


Fig. 3.



1 2 3 4 5 10 15 20 25 Centimètres.

Gravé par Adam.

MÉMOIRE

SUR

La détermination des fonctions Y *et* Z *qui satisfont à l'équation* $4(x^n - 1) = (x-1)(Y^2 \pm nZ^2)$, n *étant un nombre premier* $4i \mp 1$.

PAR M. LEGENDRE.

Lu à l'Académie, le 11 octobre 1830.

DANS les articles 511 et 512 de ma Théorie des nombres, troisième édition, j'ai donné des règles fort simples pour calculer les coefficients de la fonction Y qui satisfait à l'équation $4X = Y^2 \pm nZ^2$, où l'on désigne par n le nombre premier $4i \mp 1$ et par X le quotient de $x^n - 1$ divisé par $x - 1$. Ces règles sont fondées sur la supposition que les coefficients des différents termes de la fonction Y sont moindres que $\frac{1}{2}n$, en les prenant avec le signe convenable; cette propriété a lieu en effet pour toutes les valeurs de n comprises dans le tableau de l'art. 512, et elle se vérifierait également pour quelques-unes des valeurs suivantes, mais elle cesse d'avoir lieu pour des valeurs plus grandes et il arrive au contraire que les coefficients de x dans la fonction Y, loin d'être plus

petits que $\frac{1}{2}n$, deviennent progressivement plus grands que n, à mesure que n augmente, même plus grands que n^2, n^3, etc. Les règles dont nous parlons ne font donc plus connaître les vrais coefficients de Y, mais seulement les restes de ces coefficients divisés par n, ce qui peut être utile pour vérifier les valeurs calculées par d'autres méthodes, et il en résulte toujours, conformément à ce qui a été dit dans l'article 511, que le polynome Y, dont les premiers termes sont $2x^m + x^{m-1} + \frac{3 \mp n}{4} x^{m-2} + \text{etc.}$ contient nécessairement tous ses termes au nombre de $m + 1$ sans qu'aucun d'eux puisse devenir nul, ce qui n'a pas toujours lieu pour le polynome Z du degré $m - 1$, qui peut être complet ou incomplet suivant les différents cas. Voici maintenant une méthode sûre et exacte pour déterminer, dans tous les cas, les polynomes Y et Z qui satisfont à l'équation $4X = Y^2 \pm nZ^2$.

Soit d'abord $n = 4i + 1$ ou $m = 2i$, valeur qui répond à l'équation $4X = Y^2 - nZ^2$, si on fait en général

$$Y + Z\sqrt{n} = 2x^m + A_1 x^{m-1} + A_2 x^{m-2} + A_3 x^{m-3} + \text{etc.}$$

la forme connue des polynomes Y et Z étant

$$Y = 2x^m + x^{m-1} + a_2 x^{m-2} + a_3 x^{m-3} + \text{etc.}$$
$$Z = \quad x^{m-1} + b_2 x^{m-2} + b_3 x^{m-3} + \text{etc.},$$

on aura les relations suivantes entre les coefficients A, a, b:

$$A_1 = 1 + \sqrt{n}, \quad A_2 = a_2 + b_2\sqrt{n}, \quad A_3 = a_3 + b_3\sqrt{n},$$

et en général $A_k = a_k + b_k\sqrt{n}$; ainsi pour avoir les valeurs des fonctions Y et Z, il suffira de connaître celles des coefficients A_2, A_3, etc.

Soit g l'une des racines primitives du nombre premier n: si l'on désigne par α l'un des termes de la suite

$$1, g^2, g^4, g^6 \ldots\ldots g^{n-3}, \qquad (1)$$

et par ϵ l'un des termes de la suite

$$g, g^3, g^5, g^7 \ldots\ldots g^{n-2},$$

on sait que ces deux suites de nombres, diminués des multiples de n qu'ils peuvent contenir, donnent par leur réunion la suite des nombres naturels $1, 2, 3 \ldots\ldots n-1$; on sait de plus que r étant l'une quelconque des racines imaginaires de l'équation $r^n - 1 = 0$, le produit de tous les facteurs $x - r^\alpha$, sera égal à l'un des deux polynomes $\frac{1}{2}(Y + Z\sqrt{n})$, $\frac{1}{2}(Y - Z\sqrt{n})$, et le produit de tous les facteurs $x - r^\epsilon$ sera égal à l'autre polynome; d'ailleurs comme le signe de $\sqrt{n}$ peut être pris à volonté, on pourra supposer généralement

$$(x-r)(x-r^{g^2})(x-r^{g^4})\ldots(x-r^{g^{n-3}})$$
$$= x^m + \tfrac{1}{2}A_1 x^{m-1} + \tfrac{1}{2}A_2 x^{m-2} + \tfrac{1}{2}A_3 x^{m-3} + \text{etc.}$$

Appelons S_1 la somme des racines r^α, S_2 la somme de leurs carrés $r^{2\alpha}$, S_3 la somme de leurs cubes $r^{3\alpha}$, etc.; ces sommes étant supposées connues, on pourra déterminer les coefficients A_1, A_2, A_3, etc., au moyen des équations suivantes:

---

(1) La suite des valeurs de α est aussi représentée dans un autre ordre, par celle des carrés $1, 4, 9, 16 \ldots m^2$, diminués des multiples de n qu'ils peuvent contenir.

$$
\begin{aligned}
&-\tfrac{1}{1}A_1 = S_1\\
&-2\cdot\tfrac{1}{2}A_2 = S_2 + S_1\cdot\tfrac{1}{2}A_1\\
(1)\quad &-3\cdot\tfrac{1}{2}A_3 = S_3 + S_2\cdot\tfrac{1}{2}A_1 + S_1\cdot\tfrac{1}{2}A_2\\
&-4\cdot\tfrac{1}{2}A_4 = S_4 + S_3\cdot\tfrac{1}{2}A_1 + S_2\cdot\tfrac{1}{2}A_2 + S_1\cdot\tfrac{1}{2}A_3\\
&-5\cdot\tfrac{1}{2}A_5 = S_5 + S_4\cdot\tfrac{1}{2}A_1 + S_3\cdot\tfrac{1}{2}A_2 + S_2\cdot\tfrac{1}{2}A_3 + S_1\cdot\tfrac{1}{2}A_4\\
&\quad \text{etc.}
\end{aligned}
$$

A l'égard de la somme désignée en général par S_k, elle ne peut avoir que l'une des deux valeurs $-\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\sqrt{n}, -\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\sqrt{n}$.

On peut supposer $S_1 = -\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\sqrt{n}$, et alors on aura

$S_k = -\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\sqrt{n}$, si k appartient à la série des nombres α;

et

$S_k = -\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\sqrt{n}$, si k appartient à la série des nombres $\mathfrak{C}$.

Dans le premier cas, le nombre k serait un résidu quadratique de n, et on aurait, suivant la notation ordinaire, $\left(\frac{k}{n}\right) = 1$; dans le second cas, le nombre k serait un non-résidu et on aurait $\left(\frac{k}{n}\right) = -1$; donc dans tous les cas on aura, au moyen du symbole $\left(\frac{k}{n}\right)$,

$$(2)\qquad S_k = -\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\sqrt{n}\cdot\left(\frac{k}{n}\right).$$

Étant donnés n et k, on pourra toujours déterminer *a priori* celle des deux valeurs $+1$ et -1 qui convient au symbole $\left(\frac{k}{n}\right)$. Ainsi on connaîtra successivement toutes les sommes S_1, S_2, S_3, etc., ce qui permettra de déterminer les coefficients A_1, A_2, A_3, par le moyen des équations (1). Ensuite la fonction $2x^m + A_1x^{m-1} + A_2x^{m-2} + A_3x^{m-3} +$ etc. prendra la forme

$$2x^m + (1+\sqrt{n})x^{m-1} + (a_2+b_2\sqrt{n})x^{m-2} + (a_3+b_3\sqrt{n})x^{m-3} + \text{etc.}$$

d'où l'on tire les valeurs séparées des fonctions Y et Z, savoir :

$$Y = 2x^m + x^{m-1} + a_2x^{m-2} + a_3x^{m-3} + \text{etc.}$$
$$Z = \quad x^{m-1} + b_2x^{m-2} + b_3x^{m-3} + \text{etc.}$$

Telle est la méthode par laquelle on trouvera les fonctions Y et Z qui satisfont à l'équation $4X = Y^2 - nZ^2$, lorsque le nombre premier n est de la forme $4i+1$; elle servira également à résoudre l'équation $4X = Y^2 + nZ^2$, lorsque le nombre premier n est de la forme $4i-1$. Il suffira pour cela de mettre $-n$ à la place de n dans la valeur de S_1, c'est-à-dire, de prendre $S_1 = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{-n}$; on déterminera ensuite généralement S_k au moyen de la formule $S_k = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{-n}\cdot\left(\frac{k}{n}\right)$ en y substituant la valeur particulière de $\left(\frac{k}{n}\right)$ qu'on peut toujours trouver *a priori*. Alors connaissant par les équations (1) les valeurs des coefficients A, A_2, A_3, etc. qui seront tous de la forme $a + b\sqrt{-n}$, on en déduira comme ci-dessus la valeur de la fonction $2x^m + A_1x^{m-1} + A_2x^{m-2} + \text{etc.}$, et ensuite celles des fonctions Y et Z.

Exemple I.

Pour continuer le tableau de l'art. 512, prenons $n = 31$. Comme les diverses valeurs de S_k ne peuvent être que P et Q, savoir $P = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{n}$, $Q = -\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{n}$, ayant déja fait $S_1 = P$, nous déterminerons les sommes suivantes S_2, S_3, S_4, etc. au moyen des symboles $\left(\frac{2}{n}\right)$, $\left(\frac{3}{n}\right)$, $\left(\frac{4}{n}\right)$, $\left(\frac{5}{n}\right)$, etc.

Or on trouve par les principes connus

$$\left(\frac{2}{31}\right)=1,\left(\frac{3}{31}\right)=-\left(\frac{31}{3}\right)=-1,\left(\frac{4}{31}\right)\text{ ou en général }\left(\frac{c^2}{31}\right)=1,$$
$$\left(\frac{5}{31}\right)=\left(\frac{31}{5}\right)=1,\left(\frac{6}{31}\right)=\left(\frac{2}{31}\right)\cdot\left(\frac{3}{31}\right)=-1,\left(\frac{7}{31}\right)=-\left(\frac{31}{7}\right)$$
$$=-\left(\frac{3}{7}\right)=\left(\frac{7}{3}\right)=1,\ \left(\frac{8}{31}\right)=\left(\frac{2c^2}{31}\right)=\left(\frac{2}{31}\right)=1,\left(\frac{9}{31}\right)=1,$$
$$\left(\frac{10}{31}\right)=\left(\frac{2}{31}\right)\cdot\left(\frac{5}{31}\right)=1,\text{ etc.,}$$

on a donc

$$S_1=S_2=S_4=S_5=S_7=S_8=S_9=S_{10}=P$$
$$S_3=S_6=Q.$$

Ensuite par l'application des équations (1) on trouvera

$$A_1=1+\sqrt{-n}$$
$$A_2=-7+\sqrt{-n}$$
$$A_3=-11-\sqrt{-n}$$
$$A_4=2-2\sqrt{-n}$$
$$A_5=8$$
$$A_6=-3+\sqrt{-n}$$
$$A_7=-5-\sqrt{-n}$$
$$A_8=5-\sqrt{-n}.$$

Arrivé aux termes moyens A_7 et A_8 on peut se dispenser d'aller plus loin, car il est facile de voir qu'on doit changer simplement le signe de la partie réelle dans les coefficients précédents à compter de A_7, ce qui donnera

$$A_9 = 3 + \sqrt{-n}$$
$$A_{10} = -8$$
$$A_{11} = -2 - 2\sqrt{-n}$$
$$A_{12} = 11 - \sqrt{-n}$$
$$A_{13} = 7 + \sqrt{-n}$$
$$A_{14} = -1 + \sqrt{-n}$$
$$A_{15} = -2.$$

C'est une suite nécessaire de ce que l'équation $4X = Y^2 + nZ^2$ ne doit pas changer de forme en mettant $\frac{1}{x}$ à la place de x, propriété sur laquelle nous reviendrons ci-après.

Connaissant les coefficients A qui servent à composer la fonction

$$Y + Z\sqrt{-n} = 2x^{15} + A_1 x^{14} + A_2 x^{13} + A_3 x^{12} + \text{etc.},$$

on en déduira les valeurs des polynomes Y et Z, savoir :

$$Y = 2x^{15} + x^{14} - 7x^{13} - 11x^{12} + 2x^{11} + 8x^{10} - 3x^9 - 5x^8 + 5x^7 + 3x^6 - 8x^5 - 2x^4 + 11x^3 + 7x^2 - x - 2$$
$$Z = x^{14} + x^{13} - x^{12} - 2x^{11} + x^9 - x^8 - x^7 + x^6 - 2x^4 - x^3 + x^2 + x.$$

Exemple II.

Soit $n = 37$, on aura

$$\left(\frac{2}{n}\right) = -1, \left(\frac{3}{n}\right) = 1, \left(\frac{4}{n}\right) = 1, \left(\frac{5}{n}\right) = -1, \left(\frac{6}{n}\right) = -1$$
$$\left(\frac{7}{n}\right) = 1, \left(\frac{8}{n}\right) = -1, \left(\frac{9}{n}\right) = 1, \left(\frac{10}{n}\right) = 1.$$

Delà

$$S_1 = S_3 = S_4 = S_7 = S_9 = S_{10} = -\tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{2}\sqrt{n}$$
$$S_2 = S_5 = S_6 = S_8 = -\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}\sqrt{n},$$

et la substitution de ces valeurs dans les équations (1) donnera

$$A_1 = 1 + \sqrt{n},\ A_2 = 10,\ A_3 = -4 + 2\sqrt{n},\ A_4 = 15 - \sqrt{n},$$
$$A_5 = -5 + 3\sqrt{n},\ A_6 = 17 - \sqrt{n},\ A_7 = -8 + 2\sqrt{n},$$
$$A_8 = 11 - \sqrt{n},\ A_9 = -4 + 2\sqrt{n},\ A_{10} = 11 - \sqrt{n}.$$

Le terme moyen étant A_9, il est inutile d'aller plus loin, et les coefficients qui suivent A_9 seront égaux à ceux qui le précèdent à intervalles égaux, de sorte qu'on aura

$$A_{10} = A_8 = 11 - \sqrt{n},\ A_{11} = A_7 = -8 + 2\sqrt{n}, \text{ etc.};$$

et on en déduit les valeurs suivantes des fonctions Y et Z,

$$Y = 2x^{18} + x^{17} + 10x^{16} - 4x^{15} + 15x^{14} - 5x^{13} + 17x^{12} - 8x^{11}$$
$$+ 11x^{10} - 4x^9 + 11x^8 - 8x^7 + 17x^6 - 5x^5 + 15x^4 - 4x^3$$
$$+ 10x^2 + x + 2$$
$$Z = x^{17} + 2x^{15} - x^{14} + 3x^{13} - x^{12} + 2x^{11} - x^{10} + 2x^9$$
$$- x^8 + 2x^7 - x^6 + 3x^5 - x^4 + 2x^3 + x,$$

lesquelles satisfont à l'équation $4X = Y^2 - 37Z^2$.

Dans ces deux exemples les coefficients des fonctions Y et Z sont encore plus petits que $\frac{1}{2}n$; mais à compter de $n = 41$, on trouve des coefficients plus grands, ce qui devient encore plus marqué, lorsque franchissant un plus grand intervalle on prend $n = 61$. Voici les résultats de ces calculs qui feront suite au tableau de l'article 512.

n	*Valeurs des polynomes* Y *et* Z.
31	$Y = 2x^{15} + x^{14} - 7x^{13} - 11x^{12} + 2x^{11} + 8x^{10} - 3x^9 - 5x^8$ $+ 5x^7 + 3x^6 - 8x^5 - 2x^4 + 11x^3 + 7x^2 - x - 2$ $Z = x^{14} + x^{13} - x^{12} - 2x^{11} + x^9 - x^8 - x^7 + x^6 - 2x^4 - x^3 + x^2 + x$
37	$Y = 2x^{18} + x^{17} + 10x^{16} - 4x^{15} + 15x^{14} - 5x^{13} + 17x^{12} - 8x^{11} + 11x^{10} - 4x^9$ $+ 11x^8 - 8x^7 + 17x^6 - 5x^5 + 15x^4 - 4x^3 + 10x^2 + x + 2$ $Z = x^{17} + 2x^{15} - x^{14} + 3x^{13} - x^{12} + 2x^{11} - x^{10} + 2x^9$ $- x^8 + 2x^7 - x^6 + 3x^5 - x^4 + 2x^3 + x$
41	$Y = 2x^{20} + x^{19} + 11x^{18} + 16x^{17} + 14x^{16} + 29x^{15} + 30x^{14}$ $+ 22x^{13} + 36x^{12} + 34x^{11} + 20x^{10} + 34x^9 + 36x^8 + 22x^7$ $+ 30x^6 + 29x^5 + 14x^4 + 16x^3 + 11x^2 + x + 2$ $Z = x^{19} + x^{18} + 2x^{17} + 4x^{16} + 3x^{15} + 4x^{14} + 6x^{13} + 4x^{12} + 4x^{11}$ $+ 6x^{10} + 4x^9 + 4x^8 + 6x^7 + 4x^6 + 3x^5 + 4x^4 + 2x^3 + x^2 + x$
61	$Y = 2x^{30} + x^{29} + 16x^{28} - 7x^{27} + 32x^{26} - 20x^{25} + 63x^{24} - 33x^{23}$ $+ 72x^{22} - 54x^{21} + 89x^{20} - 62x^{19} + 88x^{18} - 89x^{17} + 95x^{16}$ $- 81x^{15} + \text{etc.}$ $Z = x^{29} + 3x^{27} - 2x^{26} + 6x^{25} - 3x^{24} + 9x^{23} - 6x^{22} + 10x^{21}$ $- 7x^{20} + 12x^{19} - 10x^{18} + 11x^{17} - 11x^{16} + 13x^{15} - \text{etc.}$

On voit dans ce tableau que pour le nombre 61 plusieurs des coefficients de Y sont plus grands que n, mais pour avoir une idée de la progression suivant laquelle les coefficients augmentent lorsque n est un nombre premier un peu grand, prenons par exemple $n = 2521$, nous aurons

$$\left(\frac{2}{n}\right) = 1, \left(\frac{3}{n}\right) = 1, \left(\frac{4}{n}\right) = 1, \left(\frac{5}{n}\right) = 1, \left(\frac{6}{n}\right) = 1, \left(\frac{7}{n}\right) = 1, \text{ etc.},$$

ce qui donne

$$S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = S_5 = S_6 = S_7 = -\tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{2}\sqrt{n}.$$

Substituant ces valeurs dans les équations (1), on en tire

$$A_1 = 1 + \sqrt{n} \qquad A_5 = 84001 + 3613\sqrt{n}$$
$$A_2 = 631 + \sqrt{n} \qquad A_6 = 836032 + 10312\sqrt{n}$$
$$A_3 = 946 + 106\sqrt{n} \qquad A_7 = 2633212 + 69292\sqrt{n}$$
$$A_4 = 34231 + 211\sqrt{n} \quad \text{etc.}$$

Ainsi les premiers termes des fonctions Y et Z seront, en faisant $1260 = m$

$$Y = 2x^m + x^{m-1} + 631x^{m-2} + 946x^{m-3} + 34231x^{m-4} + 84001x^{m-5} + 836032x^{m-6} + 2633212x^{m-7} + \text{etc.}$$

$$Z = x^{m-1} + x^{m-2} + 106x^{m-3} + 211x^{m-4} + 3613x^{m-5} + 10312x^{m-6} + 69292x^{m-7} + \text{etc.}$$

On voit avec quelle rapidité les coefficients croissent dans l'une et l'autre fonction, mais cet accroissement n'a lieu que jusqu'au terme moyen; ensuite il fait place à un décroissement semblable, puisque les coefficients doivent être égaux à égale distance des extrêmes.

C'est en effet la loi à laquelle sont assujéties les fonctions Y et Z, puisque la substitution de x^{-1} à la place de x dans l'équation $4X = Y^2 - nZ^2$, n'y doit apporter aucun changement, après qu'on a fait disparaître le dénominateur commun. On voit par là que dans chaque fonction les coefficients des termes extrêmes ou également éloignés des extrêmes, doivent être égaux; mais ces coefficients sont-ils précédés du même signe ou de signes différents? c'est ce qu'il faut examiner.

Soit 1° $n=4i-1$ ou $m=\frac{1}{2}(n-1)=2i-1$: puisque la fonction Z doit rester la même, ou du moins ne faire que changer de signe, en mettant x^{-1} à la place de x et multipliant le tout par x^m, cette fonction ne pourra avoir que l'une des deux valeurs suivantes :

$$\text{I.}\quad Z=\begin{cases} x^{m-1}+b_2x^{m-2}+b_3x^{m-3}\ldots.+b_{i-1}x^i \\ +x+b_2x^2\quad +b_3x^3\quad \ldots.+b_{i-1}x^{i-1} \end{cases}$$

$$\text{II.}\quad Z=\begin{cases} x^{m-1}+b_2x^{m-2}+b_3x^{m-3}\ldots.+b_{i-1}x^i \\ -x-b_2x^2\quad -b_3x^3\quad \ldots.+b_{i-1}x^{i-1}. \end{cases}$$

Or si la seconde valeur avait lieu, la supposition $x=1$ donnerait $Z=0$, et comme en même temps on aurait $X=\frac{x^n-1}{x-1}=n$, l'équation $4X=Y^2+nZ^2$ deviendrait $4n=Y^2$, équation impossible, puisque $4n$ n'est point un carré, donc la forme I a lieu nécessairement.

Cela posé cette forme I de la fonction Z doit être combinée avec l'une des deux formes que pourrait avoir la fonction Y, lesquelles sont

$$\text{I.}\quad Y=\begin{cases} 2x^m+x^{m-1}+a_2x^{m-2}+a_3x^{m-3}\ldots.+a_{i-1}x^i \\ +2+x\quad +a_2x^2\quad +a_3x^3\quad \ldots.+a_{i-1}x^{i-1} \end{cases}$$

$$\text{II.}\quad Y=\begin{cases} 2x^m+x^{m-1}+a_2x^{m-2}+a_3x^{m-3}\ldots.+a_{i-1}x^i \\ -2-x\quad -a_2x^2\quad -a_3x^3\quad \ldots.-a_{i-1}x^{i-1}. \end{cases}$$

Or si la forme I avait lieu, la supposition $x=-1$ donnerait $Y=0$, et comme alors on aurait $X=1$, l'équation $4X=Y^2+nZ^2$ deviendrait $4=nZ^2$, équation impossible; donc la forme II de Y est celle qui a lieu nécessairement.

Donc lorsqu'on a $n=4i-1$, les fonctions Y et Z qui satisfont à l'équation $4X=Y^2+nZ^2$ ont nécessairement la

forme ici déterminée

$$Y = \begin{cases} 2x^m + x^{m-1} + a_2 x^{m-2} + a_3 x^{m-3} \ldots + a_{i-1} x^i \\ -2 - x \quad - a_2 x^2 \quad - a_3 x^3 \quad \ldots - a_{i-1} x^{i-1} \end{cases}$$

$$Z = \begin{cases} x^{m-1} + b_2 x^{m-2} + b_3 x^{m-3} \ldots + b_{i-1} x^i \\ +x + b_2 x^2 \quad + b_3 x^3 \quad \ldots + b_{i-1} x^{i-1}. \end{cases}$$

Le tableau que nous avons donné de ces fonctions pour quelques-unes des plus simples valeurs de n s'accorde avec ce résultat, mais il était nécessaire de démontrer l'existence de cette propriété indépendamment de toute induction.

Soit 2° $n = 4i + 1$ ou $m = 2i$, nous allons faire voir que la valeur de Z ne peut être que de la forme

$$Z = \begin{cases} x^{m-1} + b_2 x^{m-2} + b_3 x^{m-3} \ldots + b_{i-1} x^{i+1} + b_i x^i \\ +x + b_2 x^2 \quad + b_3 x^3 \quad \ldots + b_{i-1} x^{i-1} \end{cases}$$

qui ne changera pas en mettant x^{-1} à la place de x et multipliant le tout par x^m. Car si après le terme moyen $b_i x^i$ tous les signes changeaient, en sorte qu'on eût

$$Z = \begin{cases} x^{m-1} + b_2 x^{m-2} + b_3 x^{m-3} \ldots + b_{i-1} x^{i+1} + b_i x^i \\ -x - b_2 x^2 \quad - b_3 x^3 \quad \ldots - b_{i-1} x^{i-1}, \end{cases}$$

la substitution de x^{-1} au lieu de x, donnerait, après avoir multiplié le tout par $-x^m$,

$$Z = \begin{cases} x^{m-1} + b_2 x^{m-2} + b_3 x^{m-3} \ldots + b^{i-1} x^{i+1} - b_i x^i \\ -x + b_2 x^2 \quad - b_3 x^3 \quad \ldots - b_{i-1} x^{i-1}, \end{cases}$$

valeur qui ne pourrait être égale à la précédente qu'en supposant $b_i = 0$. Mais alors la supposition $x = 1$ donnerait $Z = 0$ et l'équation $4X = Y^2 + nZ^2$ deviendrait $4n = Y^2$, équation

impossible. Donc la forme que nous avons donnée à la valeur de Z est la seule admissible.

Maintenant cette valeur de Z doit être combinée avec l'une ou l'autre de ces deux valeurs de Y

$$\text{I.}\quad Y=\begin{cases} 2x^m+x^{m-1}+a_2x^{m-2}+a_3x^{m-3}\ldots+a_{i-1}x^{i+1}+a_ix^i \\ +2+x\quad+a_2x^2\quad+a_3x^3\quad\ldots+a_{i-1}x^{i-1} \end{cases}$$

$$\text{II.}\quad Y=\begin{cases} 2x^m+x^{m-1}+a_2x^{m-2}+a_3x^{m-3}\ldots+a_{i-1}x^{i+1}+a_ix^i \\ -2-x\quad-a_2x^2\quad-a_3x^3\quad\ldots-a_{i-1}x^{i-1}. \end{cases}$$

Or si la seconde forme avait lieu, il faudrait qu'elle ne changeât pas, ou qu'elle changeât seulement de signe, en mettant x^{-1} à la place de x et multipliant tout par x^m, ce qui exigerait qu'on eût $a_i=0$. Mais cette condition ne peut être remplie, puisqu'on sait qu'aucune des puissances de x ne peut manquer dans le polynome Y; d'ailleurs si le coefficient a_i était zéro, la supposition $x=1$ dans la seconde forme donnerait $Y=0$, et alors l'équation $4X=Y^2-nZ^2$ deviendrait $4n=-nZ^2$ équation impossible; donc par cette double raison la première forme de Y est la seule admissible; donc dans le cas de $n=4i+1$ les fonctions Y et Z qui satisfont à l'équation $4X=Y^2-nZ^2$ seront toujours des formes suivantes:

$$Y=\begin{cases} 2x^m+x^{m-1}+a_2x^{m-2}+a_3x^{m-3}\ldots+a_{i-1}x^{i+1}+a_ix^i \\ +2+x\quad+a_2x^2\quad+a_3x^3\quad\ldots+a_{i-1}x^{i-1} \end{cases}$$

$$Z=\begin{cases} x^{m-1}+b_2x^{m-2}+b_3x^{m-3}\ldots+b_{i-1}x^{i+1}+b_ix^i \\ +x+b_2x^2\quad+b_3x^3\quad\ldots+b_{i-1}x^{i-1}, \end{cases}$$

résultat qui s'accorde avec tous les exemples compris dans notre tableau.

La méthode que nous avons donnée pour calculer les va-

leurs des fonctions Y et Z, ne laisse rien à désirer quand il s'agit de l'appliquer à une valeur particulière du nombre premier n; mais pour parvenir à quelques résultats généraux, il sera bon de considérer la valeur de n sous une forme indéterminée qui la rende applicable à une infinité de nombres premiers. Et parce que les formules relatives aux nombres premiers $4i-1$, se déduisent aisément des formules relatives aux nombres premiers $4i+1$, nous allons nous occuper exclusivement de ceux-ci.

Observons d'abord que la forme $4i+1$ se divise en quatre autres, savoir :

$$24\lambda+1,\quad 24\lambda+5,\quad 24\lambda+13,\quad 24\lambda+17,$$

ce qui offre quatre cas à considérer.

Premier cas $n=24\lambda+1$.

Alors on aura $\left(\frac{2}{n}\right)=1$, $\left(\frac{3}{n}\right)=\left(\frac{n}{3}\right)=1$, $\left(\frac{4}{n}\right)$ ou en général $\left(\frac{e^2}{n}\right)=1$. Nous nous arrêterons là, parce que pour aller plus loin, il faudrait connaître le reste que donne λ divisé par 5, ce qui exigerait une nouvelle subdivision. Au moyen de ces valeurs de $\left(\frac{4}{n}\right)$, on trouvera

$$S_1=S_2=S_3=-\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\sqrt{n};$$

ensuite par les équations (1), on aura

$$A_1=1+\sqrt{n}$$
$$A_2=1+6\lambda+\sqrt{n}$$
$$A_3=1+9\lambda+(1+\lambda)\sqrt{n}$$
$$A_4=1+11\lambda+3\lambda^2+(1+2\lambda)\sqrt{n}.$$

Second cas $n=24\lambda+5$.

Alors on aura $\left(\frac{2}{n}\right)=-1$, $\left(\frac{3}{n}\right)=\left(\frac{5}{3}\right)=-1$, $\left(\frac{4}{n}\right)=1$; ce qui donne

$$S_1=S_4=-\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\sqrt{n},\ S_2=S_3=-\tfrac{1}{2}+\tfrac{1}{2}\sqrt{n},$$

et par l'application des équations (1), on aura

$$\begin{aligned}A_1&=1+\sqrt{n}\\A_2&=2+6\lambda\\A_3&=-3\lambda+\lambda\sqrt{n}\\A_4&=-2\lambda+3\lambda^2-\lambda\sqrt{n}.\end{aligned}$$

Troisième cas, $n=24\lambda+13$.

Alors on aura $\left(\frac{2}{n}\right)=-1$, $\left(\frac{3}{n}\right)=1$, $\left(\frac{4}{n}\right)=1$, ensuite

$$S_1=S_3=S_4=-\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\sqrt{n},\ S_2=-\tfrac{1}{2}+\tfrac{1}{2}\sqrt{n},$$

et par l'application des équations (1) on trouve

$$\begin{aligned}A_1&=1+\sqrt{n}\\A_2&=4+6\lambda\\A_3&=-1-3\lambda+(1+\lambda)\sqrt{n}\\A_4&=4+8\lambda+3\lambda^2-\lambda\sqrt{n}.\end{aligned}$$

Quatrième cas, $n=24\lambda+17$.

Alors on aura $\left(\frac{2}{n}\right)=1$, $\left(\frac{3}{n}\right)=-1$, $\left(\frac{4}{n}\right)=1$; de là

$$S_1=S_2=S_4=-\tfrac{1}{2}-\tfrac{1}{2}\sqrt{n},\ S_3=-\tfrac{1}{2}+\tfrac{1}{2}\sqrt{n},$$

et en vertu des équations (1);

$$A_1 = 1 + \sqrt{n}$$
$$A_2 = 5 + 6\lambda + \sqrt{n}$$
$$A_3 = 7 + 9\lambda + (1+\lambda)\sqrt{n}$$
$$A_4 = 4 + 7\lambda + 3\lambda^2 + (2+2\lambda)\sqrt{n}.$$

Ces formules pour les nombres premiers $4i+1$, considérés sous les quatre formes $24\lambda+1$, $+5$, $+13$, $+17$, dont ils sont susceptibles, s'appliquent aux nombres premiers $4i-1$, considérés également sous leurs quatre formes $24\lambda-1$, -5, -13, -17. Il suffit pour cela de changer le signe de λ dans les formules précédentes et en même temps le signe de n dans l'équation $4X = Y^2 - nZ^2$ relative aux nombres premiers $4i+1$; on aura ainsi les valeurs de A qui satisfont à l'équation $4X = Y^2 + nZ^2$ relative aux nombres premiers $4i-1$; nous les avons réunies dans le tableau suivant :

n	A_1	A_2	A_3	A_4
$24\lambda-1$	$1+\sqrt{-n}$	$1-6\lambda+\sqrt{-n}$	$1-9\lambda+(1-\lambda)\sqrt{-n}$	$1-11\lambda+3\lambda^2+(1-2\lambda)\sqrt{-n}$
$24\lambda-5$	$1+\sqrt{-n}$	$2-6\lambda$	$3\lambda-\lambda\sqrt{-n}$	$2\lambda+3\lambda^2+\lambda\sqrt{-n}$
$24\lambda-13$	$1+\sqrt{-n}$	$4-6\lambda$	$-1+3\lambda+(1-\lambda)\sqrt{-n}$	$4-8\lambda+3\lambda^2+\lambda\sqrt{-n}$
$24\lambda-17$	$1+\sqrt{-n}$	$5-6\lambda+\sqrt{-n}$	$7-9\lambda+(1-\lambda)\sqrt{-n}$	$4-7\lambda+3\lambda^2+(2-2\lambda)\sqrt{-n}$

Ainsi on voit que pour tout nombre premier $n = 24\lambda - 1$, les premiers termes des valeurs de Y et de Z seront

$$Y = 2x^m + x^{m-1} + (1-6\lambda)x^{m-2} + (1-9\lambda)x^{m-3} + (1-11\lambda+3\lambda^2)x^{m-4} + \text{etc.}$$
$$Z = x^{m-1} + x^{m-2} + (1-\lambda)x^{m-3} + (1-2\lambda)x^{m-4} + \text{etc.}$$

Et dans cette formule on remarquera que les quatre premiers coefficients de Y, savoir $2, 1, 1-6\lambda, 1-9\lambda$, sont toujours moindres que $\frac{1}{2}n$, mais le coefficient suivant $1-11\lambda+3\lambda^2$, qui est de l'ordre $3\lambda^2$ ou $\frac{n^2}{192}$, devient bientôt plus grand que n; ainsi faisant $\lambda=13$ ou $n=311$, on a $1-11\lambda+3\lambda^2=365$.

Ces deux premiers tableaux pour les nombres premiers $4i+1$ et $4i-1$, ne s'étendent pas au-delà de A_4 qui donne les coefficients de x^{m-4} dans Y et Z; pour aller plus loin, il faut subdiviser chacune des valeurs $n=24\lambda+1, 5, 13, 17$, en quatre autres par la substitution des cinq valeurs $\lambda=5\mu$, $5\mu+1, 5\mu+2, 5\mu+3, 5\mu+4$, dont une doit être rejetée, comme ne donnant pas pour n des nombres premiers; voici ces subdivisions :

Valeur principale de n.	*Ses quatre sous-divisions.*
$24\lambda+1$	$120\mu+1$, $120\mu+49$, $120\mu+73$, $120\mu+97$
$24\lambda+5$	$120\mu+29$, $120\mu+53$, $120\mu+77$, $120\mu+101$
$24\lambda+13$	$120\mu+13$, $120\mu+37$, $120\mu+61$, $120\mu+109$
$24\lambda+17$	$120\mu+17$, $120\mu+41$, $120\mu+89$, $120\mu+113$

Appliquant notre méthode à ces différents cas, on trouvera pour chacun d'eux l'expression générale du coefficient A_5 et celle de A_6, l'une renfermant des termes affectés de μ^2 et $\mu^2\sqrt{n}$, l'autre des termes affectés de $\mu^2\sqrt{n}$ et μ^3; on en conclura que le coefficient de x^{m-6} dans Y, étant de l'ordre μ deviendra bientôt plus grand que n^2, ce qui manifeste l'augmentation progressive des coefficients de Y. On voit en même temps que le nombre et la complication des formules augmen-

tent rapidement avec la valeur de n, ce qui les rend peu propres à la solution des cas particuliers. C'est pourquoi il suffira de développer ici les formules relatives à l'une de nos subdivisions; nous choisirons pour cet effet la valeur $n = 120\mu + 61$.

On trouve alors, comme dans le cas de $n = 24\lambda + 13$ dont cette subdivision fait partie

$$S_1 = S_3 = S_4 = -\tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{2}\sqrt{n}, \quad S_2 = -\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}\sqrt{n}.$$

On aura de plus $\left(\frac{5}{n}\right) = \left(\frac{61}{5}\right) = 1$, $\left(\frac{6}{n}\right) = 1$, ce qui donne $S_5 = S_1$ et $S_6 = S_2$.

Cela posé dans le cas principal $n = 24\lambda + 13$, on a trouvé les valeurs de A_1, A_2, A_3, A_4, dans lesquelles il faudra substituer la valeur $\lambda = 5\mu + 2$, ce qui donnera, pour la division $n = 120\mu + 61$, les valeurs

$$A_1 = 1 + \sqrt{n}$$
$$A_2 = 16 + 30\mu$$
$$A_3 = -7 - 15\mu + (3 + 5\mu)\sqrt{n}$$
$$A_4 = 32 + 100\mu + 75\mu^2 - (2 + 5\mu)\sqrt{n}.$$

Au moyen de ces valeurs on trouvera par les équations (1) :

$$A_5 = -20 - \frac{195}{2}\mu - \frac{225}{2}\mu^2 + \left(6 + \frac{29}{2}\mu + \frac{15}{2}\mu^2\right)\sqrt{n}$$
$$A_6 = 63 + 246\mu + 280\mu^2 + 75\mu^3 - (3 + 14\mu + 15\mu^2)\sqrt{n},$$

Et l'on voit que le terme $75\mu^3$ qui fait partie de A_6 deviendra plus grand que n^2 si on a $n > \frac{(120)^3}{75}$ ou $n > 23040$.

Pour aller plus loin, c'est-à-dire pour trouver les valeurs

de A_7 et A_8, il faudrait au lieu de μ substituer l'une des six valeurs $7\nu, 7\nu+1, 7\nu+3, 7\nu+4, 7\nu+5, 7\nu+6$, c'est-à-dire il faudrait subdiviser la forme $n=120\mu+61$ en six autres

$$n=840\nu+61, 181, 421, 541, 661, 781;$$

alors A_7 contiendrait un terme de l'ordre $\mu^3\sqrt{n}$, et A_8 un terme de l'ordre μ^4. Il est inutile d'entrer dans de plus grands détails; nous déduirons seulement des valeurs précédentes de $A_1, A_2, \ldots A_6$ celles des fonctions Y et Z développées jusqu'à la puissance x^{m-6}; elles donnent pour le nombre premier $n=120\mu+61$,

$$Y=2x^m+x^{m-1}+(16+30\mu)x^{m-2}-(7+15\mu)x^{m-3}$$
$$+(32+100\mu+75\mu^2)x^{m-4}-\left(20+\frac{195}{2}\mu+\frac{225}{2}\mu^2\right)x^{m-5}$$
$$+(63+246\mu+280\mu^2+75\mu^3)x^{m-6}-\text{etc.}$$
$$Z=x^{m-1}+(3+5\mu)x^{m-3}-(2+5\mu)x^{m-4}$$
$$+\left(6+\frac{29}{2}\mu+\frac{15}{2}\mu^2\right)x^{m-5}-(3+14\mu+15\mu^2)x^{m-6}$$
$$-\text{etc.}$$

On en déduirait pour le cas de $n=120\mu-61$, les formules suivantes qui satisfont à l'équation $4X=Y^2+nZ^2$,

$$Y=2x^m+x^{m-1}+(16-30\mu)x^{m-2}-(7-15\mu)x^{m-3}$$
$$+(32-100\mu+75\mu^2)x^{m-4}-\left(20-\frac{195}{2}\mu+\frac{225}{2}\mu^2\right)x^{m-5}$$
$$+(63-246\mu+280\mu^2-75\mu^3)x^{m-6}-\text{etc.}$$
$$Z=x^{m-1}+(3-5\mu)x^{m-3}-(2-5\mu)x^{m-4}$$
$$+\left(6-\frac{29}{2}\mu+\frac{15}{2}\mu^2\right)x^{m-5}-(3-14\mu+15\mu^2)x^{m-6}-\text{etc.}$$

Dans les deux cas on a fait $m=\frac{1}{4}(n-1)$.

CONSIDÉRATIONS

SUR

L'OPÉRATION DU TRÉPAN,

ET

SUR LES LÉSIONS DU CERVEAU.

Lues à l'Académie royale des Sciences, le 29 novembre 1830.

PAR M. FLOURENS.

PREMIER MÉMOIRE.

SUR

L'ACTION MÉCANIQUE DES ÉPANCHEMENTS CÉRÉBRAUX.

§ Ier.

1. PARMI les grandes opérations de la chirurgie, l'une de celles qui me paraissent avoir fixé, de tout temps, avec le plus d'attrait, l'attention des observateurs, est l'opération du trépan. Nulle autre peut-être ne montre au même degré cette connexité profonde qui lie partout la pathologie, soit qu'on l'appelle chirurgicale ou médicale, à la physiologie.

2. On ne peut étudier cette longue suite d'observations savantes recueillies par Quesnay, par La Peyronie, par Petit, par Louis et par quelques autres, sans croire lire des expériences de physiologie; et réciproquement, il serait difficile de ne pas voir que toute expérience de physiologie, rigoureusement déterminée, n'est autre chose qu'une opération de chirurgie, mais une opération neuve, originale, que l'art pratique n'eût peut-être pas tentée, et qui lui ouvre ainsi la voie.

3. Dès mes premières expériences sur les fonctions propres des diverses parties qui constituent l'encéphale, j'ai fait voir que la méthode, employée jusque là dans ces expériences, était radicalement vicieuse : 1° parce que, en se bornant, comme tous les expérimentateurs avaient toujours fait jusqu'à moi, à ouvrir le crâne par un trépan, et à enfoncer un trois-quart ou un scalpel par cette ouverture, on ne savait jamais réellement ni quelles parties on blessait, ni conséquemment à quelles parties il fallait rapporter les phénomènes qu'on provoquait; 2° parceque, avec ces ouvertures de trépan, telles qu'on les faisait, on compliquait, presque toujours, les *effets propres* de la lésion d'une partie donnée, des *effets plus ou moins généraux* produits, soit par les *épanchements de sang*, soit par les *exubérances cérébrales;* ce qui, mêlant et confondant tout, ne permettait d'obtenir aucune *fonction distincte.*

4. Cependant, cette *distinction des fonctions* étant le but même des expériences, et ce but ne pouvant être atteint que par *l'isolement des parties*, il est évident que le premier pas à faire était d'imaginer une méthode expérimentale qui *isolât*

ces parties. Mais il est évident aussi que le *procédé expérimental* n'étant autre, à beaucoup d'égards, que le *procédé opératoire,* la réforme, apportée dans l'un, devait aussi être apportée dans l'autre : car il n'importe pas moins en chirurgie qu'en physiologie, dès qu'on agit sur le cerveau, et de discerner les parties qu'on blesse, et de prévenir la complication, soit des *épanchements,* soit des *exubérances.*

5. Je me propose de développer, dans une suite de Mémoires, les modifications que les résultats de mes longues et nombreuses expériences sur l'encéphale me paraissent devoir introduire, soit dans les *opérations chirurgicales* que l'on pratique sur cet organe, soit dans les *opinions médicales* que l'on s'est faites sur la plupart de ses maladies.

6. Je commence, dans ce Mémoire, par l'examen du mécanisme selon lequel agissent les *épanchements cérébraux.*

§ II.

1. Les expériences qui suivent montrent : 1° que l'épanchement d'un liquide quelconque n'agit, du moins sous le point de vue mécanique, le seul qui m'occupe ici, sur un organe solide, que par *compression ;* et 2° que cette *compression,* portée au point de déterminer des effets sensibles, ne peut avoir lieu, si le liquide n'est, à son tour, *comprimé* lui-même : d'où il suit que, relativement au cerveau, un épanchement quelconque ne saurait le comprimer de manière à produire de pareils effets, si le crâne et la dure-mère sont enlevés, et que tout épanchement, au contraire, pourvu cependant qu'il dépasse une certaine limite, comme l'on va voir, le comprimera, si ces enveloppes subsistent.

2. Ainsi, dans un épanchement cérébral, ce n'est pas par son *poids* que cet épanchement *agit*, c'est-à-dire *détermine les effets qui lui sont propres;* il *agit* par la compression qu'il éprouve de la part du crâne ou de la dure-mère qui le contiennent, et qu'il transmet au cerveau sur lequel il porte.

3. Le mécanisme de l'action de tout épanchement cérébral n'est donc qu'une *pression transmise.*

4. Pour mettre cette proposition dans tout son jour, il s'agit de montrer par des expériences directes : 1° qu'un épanchement quelconque ne provoque jamais par lui seul, ou sans le concours de la pression du crâne ou de la dure-mère, les effets de la compression du cerveau; et 2° qu'il provoque ces effets, dès qu'à son poids s'ajoute cette pression, soit de la part du crâne, soit de la part de la dure-mère.

5. On sent que le premier point, dans toute expérience qui tend à déterminer ou à circonscrire les *effets propres d'un épanchement,* est de ne pas compliquer cet *épanchement* par une *lésion ou blessure cérébrale.* C'est ici le cas exactement inverse de celui de mes précédentes expériences, où le premier point était, au contraire, de ne pas compliquer la *lésion* ou *blessure* par un *épanchement.* En un mot, dans mes précédentes expériences, je cherchais à ne produire que des *lésions* sans *épanchements;* j'ai cherché, dans celle-ci, à ne produire que des *épanchements sans lésions.*

6. Mais, dans ces précédentes expériences dont je viens de parler, quelques précautions que je prisse pour éviter les épanchements, je n'y réussissais pas toujours; et voici ce que j'observais alors.

Ou le sang épanché s'écoulait librement à l'extérieur ; et alors l'animal n'éprouvait d'autre effet que le simple affaiblissement qui résulte de toute perte de sang.

Ou l'ouverture du crâne se trouvant fermée, soit par un caillot, soit par une croûte de sang desséché, le sang s'épanchait à l'intérieur ; et alors je voyais bientôt survenir tous les effets de la compression du cerveau ; je voyais ces effets subsister tant que la croûte ou le caillot subsistaient ; et, la croûte ou le caillot enlevés, je voyais ces effets disparaître.

7. Ainsi, dans tous ces cas où l'épanchement, retenu par une croûte ou par un caillot, se faisait à l'intérieur, je voyais, au bout d'un certain temps, c'est-à-dire après une certaine quantité de sang épanché et refoulé sur le cerveau, l'animal tomber dans l'assoupisssement et la léthargie ; sa tête se pencher, se baisser, s'appuyer à terre ; ses yeux se fermer ; sa respiration devenir bruyante, stertoreuse ; et puis, tout-à-coup, il relevait brusquement la tête, surtout si on le touchait, et il la secouait avec force (1).

8. Dans quelques-uns de ces cas, la croûte ou le caillot se maintenant dans leur position, les effets de la compression ne tardaient pas à s'accroître. A la stupeur se joignait bientôt le trouble des mouvements ; enfin des convulsions violentes agitaient tout le corps ; et l'animal mourait au milieu de ces convulsions.

9. Dans quelques autres cas, au contraire, les secousses

(1) Voyez mes *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, Paris, 1824.

vives et répétées de la tête faisaient sauter le caillot ou la croûte, et aussitôt le sang jaillissait au loin avec force ; et à peine le sang avait-il jailli que l'animal, plongé dans la stupeur, se réveillait brusquement et comme en sursaut, et que le désordre des mouvements et les convulsions cessaient.

Je remarquais que souvent, au moment où il se réveillait, l'animal poussait un un cri percant; et que, presque toujours, il reprenait, avec une rapidité surprenante, dès que le sang avait jailli, ses mouvements et ses facultés.

10. Sans doute que ces effets, vingt fois reproduits dans le cours de mes précédentes expériences, suffisaient pour me montrer et quel est le genre d'action des épanchements, et quelles sont les conditions sous lesquelles cette action s'opère. Mais, entraîné par le récit de ces expériences et de leurs résultats immédiats, je n'avais pu développer alors, avec le détail convenable, le mécanisme de cette action. J'ai donc cru qu'il ne serait pas inutile de revenir sur le développement de ce mécanisme, et d'en faire l'objet particulier de quelques nouvelles expériences.

§ III.

1. Après avoir percé le crâne par un petit trou, sur un jeune pigeon, j'ouvris le sinus longitudinal supérieur du cerveau, avec précaution et de manière à ne pas blesser les lobes cérébraux entre lesquels ce sinus est placé.

Cela fait, je bouchai le trou du crâne; et je vis aussitôt un épanchement de sang s'opérer entre le cerveau et ses enveloppes. Mais cet épanchement s'arrêta bientôt; et j'eus

beau le renouveler, il ne devint jamais assez considérable pour que l'animal éprouvât aucun effet sensible.

Je dis que je vis *l'épanchement s'opérer*; en effet, dans la plupart des oiseaux, surtout dans le jeune âge, les os du crâne sont assez minces pour que l'on distingue, à travers ces os, la couleur de la dure-mère, celle du cerveau, celle des vaisseaux sanguins, celle du sang qui s'écoule : ce qui permet de suivre à l'œil les progrès et la marche de l'épanchement.

2. L'épanchement produit n'étant pas assez considérable, comme je viens de le dire, je perçai, avec les mêmes précautions et pour ne pas blesser le cervelet sur lequel il repose, le sinus longitudinal postérieur ou *cérébelleux*. Celui-ci est beaucoup plus grand que le *cérébral* dans les oiseaux, particulièrement dans les pigeons; aussi l'épanchement de sang qui résulta de son ouverture fut-il plus abondant.

Ce sinus étant ouvert, le sang s'épanchait au-dehors, et je le voyais tour-à-tour, ou comme refluer vers l'intérieur à chaque inspiration, ou s'écouler en nappe à l'extérieur à chaque expiration; c'est-à-dire suivre exactement, dans son espèce de reflux et dans son écoulement, les deux mouvements alternatifs du cerveau qui, comme l'ont appris d'abord les expériences de Schligting, répétées depuis par tant de physiologistes, s'abaisse pendant l'inspiration et s'élève pendant l'expiration.

Tant que le sang s'écoula à l'extérieur, il ne parut aucun effet. Je bouchai le trou du crâne; l'épanchement se fit dès-lors à l'intérieur, mais il s'arrêta bientôt; je le renouvelai, il s'arrêta encore, et il me fallut le renouveler ainsi à plu-

sieurs reprises. Mais enfin, dès qu'il eut atteint une certaine limite, je vis l'animal tomber tout-à-coup dans un désordre de plus en plus tumultueux de ses mouvements, désordre tout-à-fait pareil à celui qui suit les lésions de plus en plus profondes du cervelet. Bientôt à ce trouble des mouvements se joignit la perte de la vue; des convulsions survinrent, et l'animal succomba dans ces convulsions.

3. Sur un second pigeon, je perçai dès l'abord le sinus longitudinal du cervelet; et je le perçai, comme dans l'expérience précédente, à plusieurs reprises, jusqu'à ce que l'épanchement fut assez considérable; et à chaque reprise, je bouchai le trou du crâne pour que l'épanchement se fît à l'intérieur; et dès qu'il eut encore atteint une certaine limite, je vis de nouveau reparaître le désordre tumultueux des mouvements et les convulsions.

Mais cette fois-ci, dès que l'animal me parut sur le point d'expirer, j'enlevai la portion du crâne et de la dure-mère qui recouvre le cervelet; et, sur-le-champ, l'épanchement, d'une part, n'étant plus comprimé par ces parties, et ne comprimant plus, à son tour, l'encéphale; et, de l'autre, reprenant son cours extérieur, le désordre des mouvements et les convulsions cessèrent, et l'animal reprit, avec une rapidité singulière, toutes ses facultés.

4. Je viens de dire, à propos de l'ouverture du sinus longitudinal du cervelet, que le sang s'en écoulait par une effusion inégale, ou plus ou moins ralentie (suspendue même dans les cas où, soit par la perte du sang, soit par toute autre cause, la circulation est très-affaiblie) pendant l'inspiration, et renouvelée pendant l'expiration.

Je vis cette inégalité de l'effusion du sang se reproduire à l'ouverture du sinus longitudinal du cerveau, et être toujours d'autant plus marquée que les inspirations et les expirations étaient plus fortes, ou que la circulation était plus affaiblie. C'est sans doute à cette inégalité d'écoulement qui caractérise l'hémorragie des sinus de l'encéphale, qu'il faut rapporter l'erreur de Vésale et de quelques autres anatomistes, ses contemporains ou ses successeurs, qui supposaient ces sinus doués d'une force propre de pulsation.

Haller, qui est l'un de ceux qui ont le plus contribué à dissiper cette ancienne erreur, ne s'exprime pourtant pas tout-à-fait exactement quand il dit : « Le grand sinus de la « faux, blessé, répand mollement son sang comme une « veine (1). Il y a du moins cette différence qui explique l'erreur même que combattait Haller, que la veine, hors le cas particulier du pouls veineux, comme chacun sait, le répand par une effusion plus ou moins *sensiblement uniforme,* tandis que le sinus, se dégonflant et se gonflant alternativement pendant l'inspiration et l'expiration, le répand par une effusion *plus ou moins inégale,* comme je viens de le dire.

5. Je reprends le cours de mes expériences. On a pu remarquer avec quelle difficulté je suis parvenu, dans les deux précédentes, à produire, par l'ouverture des sinus de l'encéphale, des épanchements assez abondants pour déterminer les effets de la compression du cerveau; difficulté

(1) Voyez *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal*, tome I.

telle, comme on a vu, que ces épanchements à peine produits s'interrompaient, et qu'il m'a toujours fallu les renouveler à plusieurs reprises. Cette difficulté doit fixer l'attention sous plus d'un rapport. Elle explique d'abord comment un médecin célèbre, dans ses belles et récentes recherches sur les *apoplexies,* a vu les épanchements, produits par l'ouverture des sinus de l'encéphale, n'être suivis d'aucun effet (1). Elle dément ensuite cette opinion, qui n'en est pas moins peu fondée pour être fort ancienne, et qui regarde les hémorragies de ces sinus comme essentiellement funestes; opinion déja combattue par Ridley, par Pott, par Lassus (2). Mais elle montre, surtout et avant tout, la nécessité

(1) Voyez les *Recherches de M. Serres sur les apoplexies.*

(2) C'est en partie sur cette opinion, qui regarde les hémorragies des sinus comme funestes, qu'a été établie la règle de ne pas appliquer le trépan sur les sutures, particulièrement sur la suture sagittale sous laquelle le sinus longitudinal supérieur est placé. Cependant cette opinion, quelque générale qu'elle ait pu être, n'a jamais été universelle. Même à l'époque où, par l'adoption que semblait en avoir faite l'Académie de chirurgie, elle dominait avec le plus d'empire, Lassus, dans le *Mémoire* intéressant que je cite ici, et que Louis accompagna d'une dissertation savante, avait cherché à prouver, par le rapprochement de plusieurs faits, pris de divers auteurs, que l'hémorragie des sinus de l'encéphale était loin d'être aussi dangereuse qu'on le supposait d'ordinaire (*Mémoires de l'Académie royale de chirurgie*); et, déja avant lui, Pott n'avait pas craint de recourir à une large ouverture du sinus longitudinal, mis à découvert par une blessure, pour combattre un état *d'insensibilité générale*, déterminé par cette blessure (Pott, OEuvres chirur.). Enfin, Ridley, dans ses expériences curieuses sur les *Mouvements des sinus*, avait vu plusieurs fois les hémorragies de ces sinus s'arrêter d'elles-mêmes (Trans. phil.).

Or, les expériences qu'on vient de voir montrent, en effet, qu'en géné-

de recourir à un autre procédé que celui de l'ouverture de ces sinus, pour obtenir enfin des épanchements qui donnent des résultats plus rapides et plus précis.

§ IV.

1. Or, cet autre procédé ne pouvait évidemment consister que dans l'ouverture des artères mêmes du cerveau.

Après avoir opéré successivement, dans diverses expériences, l'ouverture de plusieurs de ces artères qui rampent sur la face supérieure des lobes cérébraux, l'une de celles qui m'a paru la plus commode à atteindre, et qui donne par conséquent les résultats les plus faciles à obtenir, est celle qui rampe à la face antérieure et supérieure des lobes cérébraux, près du bord supérieur et interne de l'orbite; mais, et il est presque inutile d'en avertir, quelle que soit l'artère que l'on ouvre, les résultats sont toujours, au fond, les mêmes.

Il est presque inutile aussi de répéter que le peu d'épaisseur des os frontaux des pigeons laisse voir les artères de la face supérieure du cerveau comme à nu; d'où il suit qu'on peut toujours les atteindre avec certitude. De plus, comme ces artères sont très-superficielles et qu'il suffit de les per-

---

ral l'hémorragie des sinus cérébraux n'est ni aussi grave, ni surtout aussi difficile à arrêter qu'on l'a cru long-temps; mais comme elles montrent aussi qu'il est des cas où elle peut déterminer la complication d'un épanchement compressif, et comme d'ailleurs toute complication d'hémorragie est toujours une complication incommode, dans les opérations non moins que dans les expériences, il suit qu'elle doit être évitée toutes les fois qu'on n'a pas un intérêt direct à la provoquer.

cer une seule fois pour obtenir un épanchement aussi rapide qu'abondant, on ne court jamais le risque de blesser la substance du cerveau; ce qui est un avantage immense, et que n'a pas le procédé de l'ouverture des sinus : car, comme il faut toujours percer ces sinus à plusieurs reprises, on sent qu'il est presque inévitable qu'à force de revenir dans le crâne, on ne finisse par blesser plus ou moins quelques-unes des parties mêmes de l'encéphale.

2. Ces préliminaires posés, je passe aux expériences.

Sur un jeune pigeon, je perçai l'artère superficielle qui rampe, ainsi que je l'ai déja dit, près du bord interne et supérieur de l'orbite.

Cette artère était celle du lobe cérébral droit. A peine fut-elle ouverte que je vis un épanchement rapide se former sur ce lobe droit.

Bientôt l'épanchement gagna le lobe gauche, et alors l'animal n'y voyait plus.

Bientôt encore l'épanchement gagna le cervelet; aussitôt le trouble des mouvements parut. Enfin, l'épanchement s'accroissant de plus en plus, des convulsions violentes survinrent, et l'animal succomba dans ces convulsions.

A l'ouverture du crâne, je trouvai, comme dans toutes les expériences où j'ai laissé succomber l'animal aux effets de l'épanchement, toute la surface de l'encéphale, jusqu'à l'origine de la moelle épinière, recouverte d'une couche épaisse de sang coagulé, et toute la dure-mère fortement distendue par cette couche de sang interposée entre elle et l'encéphale. Il est à remarquer en outre que, dans le cas de l'ouverture d'une artère du cerveau, le sang s'épanche en entier, ou à peu

près du moins, sous la dure-mère, tandis que, dans le cas de l'ouverture d'un sinus, le sang s'épanche, partie sous la dure-mère, et partie entre le crâne et la dure-mère.

3. Sur un second pigeon, je perçai la même artère; et je vis, successivement et rapidement, l'épanchement gagner les deux lobes, le cervelet, les parties profondes de l'encéphale; et, à chaque progrès qu'il faisait, l'ordre des phénomènes changer, à mesure que chacun de ces progrès lui faisait comprimer une partie nouvelle.

Ainsi, à mesure que l'épanchement gagna les lobes cérébraux, l'animal perdit la vue; à mesure qu'il atteignit le cervelet, l'animal perdit l'équilibre de ses mouvements; à mesure enfin que l'épanchement comprima la moelle allongée, des convulsions violentes survinrent. Je n'avais vu (à l'extrême rapidité près, dans la succession des phénomènes), dans aucune de mes premières expériences sur les lésions isolées des diverses parties du cerveau, des résultats plus distincts et mieux circonscrits.

Dans l'expérience précédente, j'avais laissé succomber l'animal dans les convulsions. Dans celle-ci, dès que les convulsions parurent, j'enlevai la portion des os frontaux et de la dure-mère qui recouvre les lobes cerébraux (ou, en d'autres termes, j'enlevai les parties qui comprimaient l'épanchement, et je permis à l'épanchement de se faire à l'extérieur); et, sur-le-champ, les convulsions, le trouble des mouvements, la perte de la vue, tout disparut; et l'animal reprit, avec une rapidité surprenante, toutes ses facultés.

4. Cette rapidité avec laquelle l'animal reprend ses facultés, et, pour ainsi dire, *renaît à la vie,* dès l'instant où la

compression cesse, est, au reste, l'un des phénomènes qui m'ont le plus frappé dans le cours de ces expériences. Mais il y a des degrés, soit dans la rapidité, soit dans la plénitude de cette renaissance des forces, selon les effets produits. Elle est, par exemple, soudaine, complète, assurée, s'il n'y a que perte de la vue; elle l'est de même, s'il n'y a que trouble des mouvements, ou si les convulsions ne subsistent que depuis peu de temps; mais, à mesure que les convulsions subsistent depuis plus long-temps, il y a de moins en moins lieu de compter sur elle.

5. J'enlevai, sur plusieurs pigeons, les os frontaux, sans toucher à la dure-mère: après quoi, j'ouvris, comme dans les expériences précédentes, l'une des artères superficielles de l'un ou l'autre lobe cérébral. Dans tous ces cas, je vis un épanchement abondant se former aussitôt sur ces lobes; et, à mesure qu'il s'accroissait, la dure-mère être de plus en plus distendue et soulevée par lui; et, dès qu'il eut atteint une certaine limite, tous les effets, déja décrits, de la compression du cerveau par les épanchements, paraître; et paraître seulement un *peu plus tard* que dans les cas où le crâne subsistait; car le crâne *résiste plus* que la dure-mère, ou ne *cède pas* jusqu'à un certain point, comme elle.

6. J'ai répété toutes les expériences qui précèdent, sur plusieurs lapins; le résultat a toujours été la même.

7. Sur plusieurs autres lapins, après avoir percé le crâne, j'injectai, au moyen d'une petite seringue, une certaine quantité d'eau entre le crâne et la dure-mère.

Sur tous ces lapins, dès que l'épanchement dépassait une certaine limite, je voyais survenir tous les effets de la com-

pression du cerveau; et dès que, ou l'épanchement, ou le crâne étaient enlevés, je voyais, dans les cas du moins où la substance du cerveau n'avait pas été blessée, tous ces effets disparaître.

8. Une précaution essentielle, dans ces expériences, pour ne pas blesser la substance du cerveau par l'injection, est de n'opérer cette injection qu'entre le crâne et la dure-mère. Une seconde précaution est de diriger le jet du liquide vers les parois internes du crâne, et non vers le cerveau; et encore, avec toutes ces précautions, on court toujours le risque de blesser plus ou moins la substance de cet organe.

Ainsi, ce procédé est défectueux parce qu'il complique, ou fait courir le risque de compliquer, plus ou moins, les *épanchements* par des *lésions*; le procédé de l'ouverture des sinus est défectueux parce que les épanchements qu'il produit sont, presque toujours, insuffisants pour déterminer les effets de la compression cérébrale, et que, pour les rendre suffisants, on court encore le risque de compliquer *les épanchements par des lésions*. Le procédé par l'ouverture des artères, tel que je viens de l'exposer, n'a aucun de ces inconvénients; il doit donc leur être préféré sous tous les rapports.

9. J'ai répété les expériences qu'on vient de voir, un si grand nombre de fois, sur des pigeons, sur des poules, sur des lapins, qu'il ne peut y avoir aucun doute sur leurs résultats; résultats, d'ailleurs, par eux-mêmes, si nets, si évidents, et, s'il m'est permis de le dire, qui éclairent d'un si grand jour l'une des lésions principales de l'organe le plus important de l'économie.

10. Ainsi donc, 1° les épanchements cérébraux, parvenus à une certaine limite, déterminent les effets *nombreux et divers* de la compression du cerveau; et 2° ils ne déterminent ces effets que *parvenus à cette limite.*

§ V.

1. Deux faits sont donc à expliquer dans l'action mécanique de ces épanchements : l'un, pourquoi leurs effets sont multiples; l'autre, pourquoi ils ne produisent ces effets que parvenus à une certaine limite.

2. Or, quant au premier fait, mes précédentes expériences ayant montré que chaque partie de l'encéphale a ses fonctions propres, et conséquemment aussi ses symptômes, car les symptômes ne sont que les fonctions troublées, il s'ensuit rigoureusement que, dans tout épanchement plus ou moins général, comme il y a plusieurs parties atteintes, il doit y avoir aussi plusieurs symptômes ou effets produits; il s'ensuit encore que, selon que telle ou telle partie est plutôt ou plus tard atteinte, et elle l'est plus tôt ou plus tard, selon le lieu qu'occupe le siége primitif de l'épanchement, ce doit être tel ou tel effet qu'on observe d'abord; il s'ensuit enfin que l'on peut toujours conclure, par chaque effet produit, le moment où l'épanchement, ou, plus exactement, l'action compressive de l'épanchement, atteint chaque partie distincte de l'encéphale : par la perte des sens, la compression des lobes cérébraux; par le désordre des mouvements, la compression du cervelet; par les convulsions, la compression de la moelle alongée; par la mort, la compression du point que j'ai nommé *point vital et central* du système nerveux.

3. Quant au second fait, il suffit pour en démêler la cause, de considérer que le cerveau possède une *force de ressort* ou *de résistance ;* et conséquemment que, pour que les effets de la compression surviennent, il faut d'abord que cette force de ressort soit vaincue.

4. Je ferai voir, dans un second Mémoire, que cette force de ressort, ou *d'expansion* (1), constitue l'une des propriétés les plus prononcées du tissu nerveux. D'ailleurs, les expériences les plus simples ne sauraient laisser aucun doute sur son existence.

5. Si, après avoir mis une partie de l'encéphale à nu, on comprime cette partie, non avec un bouchon, comme le faisait Saucerotte (2), mais avec le doigt ou la main : on reconnaît bientôt qu'il faut un *certain effort* de la part du doigt ou de la main sur la partie, pour déterminer, en la comprimant, les effets de la compression.

On reconnaît, en outre, que ces effets ne surviennent qu'autant que la partie éprouve déja un *certain affaissement,* ou *déformation;* et qu'ainsi le cerveau est susceptible de céder ou de s'affaisser jusqu'à une certaine limite, avant d'être *altéré* au point que ses fonctions soient troublées (3).

---

(1) Je ne considère ici cette *force de ressort* ou *d'expansion* que comme un *fait.* On verra quelle est la nature de ce *fait*, ou le genre de cette *force*, dans un second mémoire.

(2) *Prix de l'Académie royale de chirurgie.*

(3) *Limite* qui peut être portée d'autant plus loin que la force qui produit l'affaissement agit d'une *manière plus lente*, comme dans les *épanchements chroniques*, séreux ou autres, par exemple; mais il n'est question ici que des épanchements produits d'une *manière subite.*

6. Or, soit pour produire ce premier affaissement; soit pour combler le vide qui en résulte; soit pour surmonter complètement la force de ressort du cerveau par laquelle il tend sans cesse à reprendre son expansion naturelle; il est évident qu'il faut nécessairement une certaine quantité de liquide, ou, en d'autres termes, que l'épanchement dépasse une certaine limite; et il le faut d'autant plus que l'épanchement, par son poids seul, ne peut produire aucun de ces effets.

7. Ainsi, par exemple, si, après avoir mis toute la partie supérieure de l'encéphale à nu, on la recouvre d'éponges imbibées d'eau; le poids de ces éponges et de cette eau surpasse incomparablement le poids de tout épanchement qui pourrait se former entre le crâne et le cerveau, long-temps avant qu'il survienne aucun des effets de la compression.

Ce n'est donc ni par leur *poids seul,* ni par leur *poids même*, que les épanchements déterminent les effets de la compression du cerveau, mais parce que, poussés de toute la puissance des forces circulatoires entre le cerveau et ses enveloppes, et le cerveau résistant moins que ses enveloppes; le résultat définitif ne peut être que la *dépression* ou l'*affaissement* du cerveau, c'est-à-dire de celle de ces parties qui résiste moins.

8. Mais, de ce que tout épanchement n'agit que passé une certaine limite, il s'ensuit qu'il lui faut un *certain temps* pour agir, par cela seul qu'il lui faut un certain temps pour atteindre *cette limite;* et c'est là pourquoi les symptômes des épanchements sont toujours plus ou moins éloignés, ou

consécutifs, au contraire de ceux des blessures (1), qui sont toujours *primitifs* ou immédiats : grande règle de diagnostic établie, déja depuis long-temps, par le célèbre chirurgien Petit (2).

9. D'un autre côté, la nécessité que les épanchements dépassent une certaine limite pour produire la compression du cerveau, explique la divergence qui règne entre les opinions des savants, touchant l'action compressive de ces épanchements. Une opinion, aussi ancienne que générale, leur suppose la faculté de comprimer le cerveau ; une opinion nouvelle leur refuse cette faculté (3).

Or, on vient de voir que les épanchements ne déterminent pas la compression du cerveau d'une manière absolue, mais seulement en vertu de telle ou telle condition donnée, comme, par exemple, d'être parvenus à une certaine limite, et, parvenus à cette limite, d'être comprimés par le crâne ou la dure-mère ; et l'on conçoit que, soit dans les expériences, soit dans les observations des auteurs, les épanchements auront dû produire, ou non, la compression du cerveau, selon qu'ils se seront trouvés, ou non, soumis à ces conditions.

---

(1) Du moins en tant que blessures ; car l'inflammation, la suppuration, etc., qui succèdent aux blessures, ne sont pas les blessures mêmes.

(2) Voyez Petit, *Œuvres chirurgic.* On voit donc que trois caractères essentiels distinguent les effets des épanchements : 1° ces effets sont *consécutifs,* ou ils ne paraissent qu'après un certain temps ; 2° ils sont *multiples*, ou ils peuvent atteindre plusieurs parties ; et 3° ils sont *progressifs*, ou ils n'atteignent ces diverses parties que peu à peu et progressivement.

(3) Voyez les *Recherches*, déja citées, *de M. Serres sur les apoplexies.*

§ VI.

1. Par tout ce qui précède, on voit : 1° que les épanchements ne produisent les effets de la compression du cerveau qu'autant qu'ils dépassent une certaine limite ; 2° qu'il faut qu'ils dépassent cette limite pour surmonter la *force de ressort propre* du tissu cérébral ; 3° qu'ils ne surmontent, même parvenus à cette limite, cette force de ressort qu'autant qu'ils sont comprimés par le crâne ou la dure-mère ; et 4° que l'ablation du crâne et de la dure-mère détruit par elle seule, ou indépendamment de leur évacuation (c'est-à-dire, par cela seul qu'elle enlève et la *voûte cranienne et la région supérieure de la dure-mère*, car le crâne ne comprime que par *sa voûte*, comme la dure-mère par sa *région supérieure*), l'action compressive des épanchements.

2. On voit, en outre, que trois agents distincts concourent à l'action compressive des épanchements : 1° La *force impulsive* des organes circulatoires qui poussent le sang entre le cerveau et le crâne ou la dure-mère ; 2° la *résistance* du crâne et de la dure-mère ; et 3° la *résistance propre* du cerveau ; et l'on voit que, de ces trois agents, la *résistance propre* du cerveau étant le plus faible, le résultat définitif doit être, comme je viens de le dire, l'*affaissement* ou la *compression*, en d'autres termes, l'*altération*, la *lésion* du cerveau ; car toute *compression* qui agit, agit comme *lésion*.

3. Ainsi, les épanchements n'agissent que *par compression ;* et ils ne *compriment* le cerveau qu'étant *comprimés* par le crâne ou la dure-mère ; et ils ne peuvent être *com-*

primés par le crâne ou la dure-mère qu'autant qu'ils dépassent une *certaine limite;* et le trépan, c'est-à-dire l'ablation du crâne et de la dure-mère, détruit leur action, non-seulement parce qu'il donne *issue* à l'épanchement, mais encore parce qu'il enlève *les parties qui le compriment.*

4. On voit maintenant pourquoi, dans mes précédentes expériences où je cherchais, par-dessus tout, à produire des lésions isolées de toute complication, et, par ces *lésions simples,* des *phénomènes simples,* je commençais avec tant de soin par mettre à nu tout l'encéphale par le retranchement complet de la région supérieure du crâne et de la dure-mère. Par cette méthode, non-seulement je pouvais constamment guider la main par l'œil dans l'ablation successive des diverses parties de l'encéphale, mais je me garantissais de plus, comme on vient de voir, sinon de tout épanchement, du moins de toute compression possible par les épanchements; et l'on verra mieux encore toute l'importance de cette méthode expérimentale quand, dans un second mémoire, j'aurai fait connaître le mécanisme selon lequel se forment les *exubérances* ou *hernies cérébrales.*

DEUXIÈME MÉMOIRE

SUR

L'APPLICATION DU CALCUL DES PROBABILITÉS AUX MESURES GÉODÉSIQUES.

PAR M. PUISSANT.

Lu à l'Académie royale des Sciences, le 10 janvier 1831.

DEPUIS un petit nombre d'années, les sciences sont redevables à l'un des plus grands géomètres dont s'honore la France, de formules de probabilité pour s'assurer du degré de précision des résultats géodésiques et astronomiques donnés par le concours d'un grand nombre d'observations, et pour assigner les limites étroites entre lesquelles ils peuvent être renfermés; mais ces formules ne sont susceptibles d'être employées avec succès que lorsque les opérations auxquelles on veut les appliquer ne laissent aucun doute sur leur exactitude.

Le desir de soumettre à une pareille vérification la nouvelle description géométrique du royaume, m'a fait naître l'idée de chercher à retrouver, par une marche simple et méthodique, quelques-unes des formules importantes que

l'illustre Laplace a publiées dans le 2e et le 3e supplément à sa *Théorie analytique des probabilités*, en m'imposant la condition de n'emprunter de cette théorie abstraite que les principes fondamentaux les plus indispensables. Si j'ai éludé de cette manière toutes les difficultés d'une analyse très-délicate, j'ai tâché du moins de ne priver mes calculs de rien de ce qui pouvait en faire ressortir la justesse.

Dans mon premier Mémoire sur cette matière, j'ai exposé une méthode propre à évaluer l'erreur d'un grand nivellement trigonométrique; dans celui-ci je me propose d'étendre cette méthode à l'appréciation de l'erreur de la mesure des quantités qui entrent essentiellement dans la recherche de la grandeur et de la figure de la terre. Je pense que par-là les applications du calcul des probabilités aux grandes opérations géodésiques seront ramenées à des procédés purement élémentaires, et qu'elles deviendront plus faciles et plus fréquentes. Il est surtout indispensable de recourir à ces applications, et de les faire avec discernement, lorsque l'on cherche à démêler, parmi les discordances qui existent souvent entre les mesures géodésiques et astronomiques comparables, ce qui appartient réellement aux irrégularités du globe terrestre.

§ I.

Règles fondamentales.

1. Tout ce qui va suivre sera principalement fondé sur les deux règles suivantes :

1° Si l'on considère x comme le résultat moyen d'un grand nombre n de valeurs particulières provenant de la mesure

réitérée d'une même quantité, et si l'on désigne par $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \ldots \alpha_n$ les écarts de ces valeurs de part et d'autre de leur moyenne x, l'erreur δx de ce résultat, dont la probabilité est $\frac{1}{2}$, aura pour expression

$$\delta x = \frac{1}{2n}\sqrt{2(\alpha_1^2+\alpha_2^2+\alpha_3^2+\ldots+\alpha_n^2)},$$

ou, plus exactement,

$$\delta x = \pm\frac{0{,}47708}{n}\sqrt{2(\alpha_1^2+\alpha_2^2+\ldots+\alpha_n^2)};$$

c'est ce qu'on nomme l'*erreur moyenne*. En donnant à cette expression la forme

$$\delta x = \pm 0{,}47708\, g,$$

le facteur $g = \frac{1}{n}\sqrt{2(\alpha_1^2+\alpha_2^2+\ldots+\alpha_n^2)}$ sera la mesure ou le *module* de la précision du résultat d'un grand nombre d'observations.

2° Si X désigne une fonction de plusieurs quantités $x, y, z, \ldots$ déterminées par des séries d'observations sujettes à des erreurs fortuites, et que sa différentielle ait cette forme:

$$dX = A\,dx + B\,dy + C\,dz + \ldots.$$

A, B, C .... étant des constantes données, et $dx, dy, dz, \ldots$ exprimant des erreurs indépendantes les unes des autres, l'erreur moyenne à craindre sur la valeur de cette fonction sera

$$\delta X = \pm\sqrt{A^2(\delta x)^2 + B^2(\delta y)^2 + C^2(\delta z)^2 + \ldots.}$$

en prenant respectivement pour $\delta x, \delta y, \delta z, \ldots$ les erreurs

moyennes de $x, y, z, \ldots$ conformément à la première règle, c'est-à-dire celles dont la probabilité est $\frac{1}{2}$: ainsi, au même degré de probabilité, la fonction X sera renfermée dans les limites

$$X+\delta X,\ X-\delta X,$$

lesquelles se resserreront d'autant plus que les observations seront plus précises et plus nombreuses.

Si l'on désigne par $g g_1 g_2 \ldots$ les modules relatifs aux erreurs $x y z \ldots$ la probabilité que l'erreur δX sera généralement comprise entre les limites

$$\pm t\sqrt{A^2g^2+B^2g_1^2+C^2g_2^2+\ldots}$$

est

$$p=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int dt.e^{-t^2},$$

π étant le rapport de la circonférence au diamètre, e représentant la base des logarithmes népériens, et l'intégrale commençant depuis $t=0$. Lorsqu'on veut que $p=\frac{1}{2}$, il faut prendre $t=0{,}47708$.

On peut voir, sur les démonstrations de ces deux procédés, une note que M. Poisson a insérée dernièrement dans le *Bulletin des sciences mathématiques et physiques* de M. de Férussac, tom. XIII, p. 267.

Corollaire. Observons que si l'on avait seulement

$$dX=Adx+Bdy$$

on en tirerait

$$Adx=dX-Bdy,$$

et qu'ensuite on aurait

$$A\delta x=\sqrt{(\delta X)^2-B^2(\delta y)^2},$$

δX, δx et δy désignant comme ci-dessus des valeurs moyennes.

§ II.

Méthode pour établir de la manière la plus avantageuse la concordance de deux bases mesurées directement aux extrémités d'une chaîne de triangles.

2. Supposons un réseau composé de n triangles ABC, DCA, EAD, FDE, ... MKL liant les deux bases extrêmes a, a_n; appelons ABC, $A_1B_1C_1$, $A_2B_2C_2$, ... $A_{n-1}B_{n-1}C_{n-1}$ les trois angles de ces triangles, corrigés chacun du tiers de l'excès de leur somme sur deux angles droits, et désignons par $a_1\, a_2\, a_3 \ldots a_n$ les côtés CA, AD, DE, ... LM conclus successivement de la première base a = BC; il s'agit de savoir quelle est l'*erreur moyenne* dont sera affecté le dernier côté a_n déduit de cette base, et quelles sont en les limites.

D'abord il est évident que, par la résolution immédiate de ces triangles considérés comme rectilignes, en vertu du théorème connu de M. Legendre, on a

$$a_1 = a\frac{\sin. B}{\sin. A}, \quad a_2 = a_1\frac{\sin. B_1}{\sin. A_1},$$

et généralement

$$a_n = a_{n-1}\frac{\sin. B_{n-1}}{\sin. A_{n-1}}.$$

Si ensuite on désigne par $x\,y\,z$, $x_1y_1z_1$, $x_2y_2z_2$, ... $x_{n-1}y_{n-1}z_{n-1}$, les erreurs commises dans la mesure des angles ABC, $A_1B_1C_1$, $A_2B_2C_2$, ... $A_{n-1}B_{n-1}C_{n-1}$, et que l'on différencie la dernière expression ci-dessus, on aura

$$(A) \qquad \frac{da_n}{a_n} = \frac{da_{n-1}}{a_{n-1}} + dB_{n-1}\cot. B_{n-1} - dA_{n-1}\cot. A_{n-1},$$

ou bien, à cause de

$$dA = x,\ dA_1 = x_1,\ dA_2 = x_2,\ \text{etc.}$$
$$dB = y,\ dB_1 = y_1,\ dB_2 = y_2,\ \text{etc.},$$

il viendra, en développant,

$$(A')\quad \frac{da_n}{a_n} = y\cot.B + y_1\cot.B_1 + y_2\cot.B_2 + \ldots\ldots + y_{n-1}\cot.B_{n-1}$$
$$- x\cot.A - x_1\cot.A_1 - x_2\cot.A_2 - \ldots\ldots - x_{n-1}\cot.A_{n-1},$$

ou faisant, pour abréger,

$$l = -\cot.A,\quad l_1 = -\cot.A_1,\quad l_2 = -\cot.A_2,\ \text{etc.}$$
$$m = \cot.B\quad ,\ m_1 = \cot.B_1\quad ,\ m_2 = \cot.B_2\quad ,\ \text{etc.}$$
$$E_n = \frac{da_n}{a_n},$$

on aura enfin

$$(1)\quad E_n = lx + my + l_1x_1 + m_1y_1 + l_2x_2 + m_2y_2 + \ldots\ldots$$

Cette équation ferait nécessairement connaître l'effet des erreurs individuelles $xy, x_1y_1, \ldots\ldots$ sur le dernier côté a_n de la chaîne, si elles étaient connues en grandeur et en signe; mais comme elles ne le sont pas, et qu'il est par conséquent indispensable d'en considérer l'ensemble, appelons $\delta x\,\delta y\,\delta z$; $\delta x_1\,\delta y_1\,\delta z_1$; $\delta x_2\,\delta y_2\,\delta z_2$; ... les erreurs moyennes des angles ABC; $A_1B_1C_1$; $A_2B_2C_2$;.... et nommons λ celle cherchée, on aura, en supposant qu'aucune loi ne lie ces erreurs entre elles, et en se conformant par conséquent à la seconde règle ci-dessus,

$$\lambda = \pm\sqrt{l^2(\delta x)^2 + m^2(\delta y)^2 + l_1^2(\delta x_1)^2 + m_1^2(\delta y_1)^2 + \ldots\ldots}$$

Mais loin que δx et δy, δx_1 et δy_1, ... soient indépendantes, on a au contraire, d'après le principe de la résolution des triangles géodésiques,

$$\delta x = \delta y = \tfrac{1}{3}\mathrm{T}, \quad \delta x_1 = \delta y_1 = \tfrac{1}{3}\mathrm{T}_1, \text{ etc.}$$

$\mathrm{T}\mathrm{T}_1\mathrm{T}_2 \ldots \mathrm{T}_{n-1}$ désignant respectivement la somme des erreurs des trois angles des n triangles.

En effet le but qu'on se propose dans cette résolution est de déterminer deux côtés inconnus à l'aide du troisième côté donné et des angles mesurés un grand nombre de fois, de manière à ce que les erreurs des observations aient le moins d'influence possible sur les côtés cherchés. Or on sait qu'on satisfait à cette condition en appliquant le théorème de M. Legendre à la résolution d'un triangle sphérique d'une légère courbure, c'est-à-dire en diminuant chacun de ses angles du tiers de l'excès de leur somme sur deux angles droits, et en prenant pour base du triangle rectiligne résultant, celle même du triangle sphérique. On sait de plus que l'excès dont il s'agit se compose de l'excès sphérique du triangle et de la somme des erreurs de ses trois angles. Il suit donc de là que l'on devrait avoir

$$(2) \qquad \lambda = \tfrac{1}{3}\sqrt{(l^2+m^2)\mathrm{T}^2 + (l_1^2+m_1^2)\mathrm{T}_1^2 + \ldots\ldots}$$

Mais il reste à s'assurer si cette valeur aurait toute l'exactitude nécessaire. D'abord on remarquera qu'en désignant par $x\,y\,z$; $x_1\,y_1\,z_1$; .... les corrections à faire aux angles A B C; A, B, C,; .... on a nécessairement $x+y+z=0$, puisque la somme des trois angles de chaque triangle doit toujours valoir deux droits : on remarquera en outre que les diverses expressions de λ qu'on peut obtenir doivent être identiques.

Voyons donc s'il en est ainsi, en mettant dans (A') au lieu de y sa valeur $-(x+z)$; ..... Toutes substitutions faites, on a

$$\begin{aligned} E_n = &-x(\cot.A+\cot.B)-x_1(\cot.A_1+\cot.B_1)-\text{etc.}\\ &-z\cot.B \qquad\quad -z_1\cot.B_1 \qquad\quad -\text{etc.}\end{aligned}$$

ou, en vertu de la notation ci-dessus,

$$\begin{aligned} E_n = &\, x(l-m)+x_1(l_1-m_1)+\ldots.\\ &+z(-m)+z_1(-m_1)\ +\ldots.\end{aligned}$$

ou encore

$$(3)\qquad \begin{aligned} E_n = &\, px+p_1x_1+\ldots.+p_{n-1}x_{n-1}\\ &+qz+q_1z_1+\ldots.+q_{n-1}z_{n-1},\end{aligned}$$

en faisant

$$\begin{aligned} p &= l-m, \quad p_1 = l_1-m_1, \text{ etc.}\\ q &= -m\ , \quad q_1 = -m_1\ , \text{ etc.}\end{aligned}$$

et à cause de $\delta x = \delta z = \frac{1}{3}T$, etc., on a, comme tout à l'heure,

$$(4)\qquad \lambda = \tfrac{1}{3}\sqrt{(p^2+q^2)T^2+(p_1^2+q_1^2)T_1^2+\ldots..};$$

expression qui, au lieu d'être identique à celle (2), en diffère au contraire, par suite de la mutuelle dépendance de δx, δz; .... que n'admet pas la seconde règle qui sert de base à notre solution. Mais il est aisé de voir que l'on satisfera immédiatement à la nouvelle condition d'identité en remplaçant dans (2) et (4) les termes l^2+m^2, etc. et p^2+q^2, etc. respectivement par l^2+m^2-lm, etc. et p^2+q^2-pq, etc. En effet on a alors

$$l^2+m^2-lm = \cot.^2A+\cot.^2B+\cot.A\cot.B = p^2+q^2-pq,$$

etc.

Concluons delà que l'erreur moyenne cherchée a réellement pour valeur

$$(5) \quad \lambda = \tfrac{1}{3}\sqrt{(l^2+m^2-lm)T^2+(l_1^2+m_1^2-l_1m_1)T_1^2+\ldots\ldots},$$

ou enfin

$$(5') \quad \lambda = \tfrac{1}{3}\theta\sqrt{\frac{l^2+m^2-lm+l_1^2+m_1^2-l_1m_1+\ldots\ldots}{n}},$$

en prenant au lieu de $T^2, T_1^2, T_2^2, \ldots\ldots T_{n-1}^2$ une valeur moyenne

$$\frac{\theta^2}{n} = \frac{T^2+T_1^2+T_2^2+\ldots\ldots T_{n-1}^2}{n},$$

n étant le nombre des triangles; ce qui est d'autant plus permis que ce nombre est plus grand.

Il est remarquable que ce dernier résultat est le même que celui que Laplace a obtenu par une analyse très-subtile et par des considérations entièrement fondées sur la doctrine des probabilités; c'est donc dans l'ouvrage cité de cet illustre géomètre que l'on trouvera une démonstration directe et rigoureuse de la formule actuelle, s'il restait quelques doutes sur l'exactitude de celle que nous venons de donner.

Lorsqu'on fait

$$F = l^2+m^2-lm+l_1^2+m_1^2-l_1m_1+\ldots\ldots$$

on a, en réduisant θ en parties du rayon,

$$(5'') \qquad \lambda = \tfrac{1}{3}\theta \sin. 1'' \sqrt{\frac{F}{n}},$$

et la probabilité que λ est généralement compris entre les limites $\pm \tfrac{1}{3} t\theta \sin. 1''\sqrt{\frac{F}{n}}$, est

$$p=\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int e^{-t^2}.dt.$$

Il suffit de prendre $t=3$ pour avoir les limites de l'erreur moyenne λ ; car on verra plus loin qu'il y aurait cinquante mille à parier contre un qu'elle ne les atteint pas. En général pour une valeur λ' donnée l'on a

$$t=\frac{3}{2}\frac{\lambda'}{\theta \sin. 1''}\sqrt{\frac{n}{F}}.$$

Il est évident que $\lambda=\frac{da_n}{a_n}$ étant un rapport, on aura, en mesures métriques

$$da_n=\lambda a_n.$$

3. Évaluons maintenant, approximativement, l'erreur moyenne de la base de Perpignan conclue de celle de Melun à laquelle elle est liée par une chaîne de 53 triangles. On sait, d'après les opérations de la méridienne, que les 107 triangles compris entre Dunkerque et Formentera présentent chacun dans la somme de leurs angles de petites erreurs telles que la somme de leurs carrés est 445,217 : or cette dernière somme croissant sensiblement comme le nombre des triangles, on a, pour les 53 triangles dont il s'agit

$$\theta^2=222,6,$$

et si l'on suppose tous ces triangles équilatéraux, la formule (5′) deviendra

$$\lambda=\tfrac{1}{3}\theta \sin. 1'' \text{tang.} 30^\circ.\sqrt{3};$$

d'où l'on conclut

$$\lambda=0,0000241 1.$$

Mais les deux bases étant de 12000 mètres environ, l'on a, en faisant $a_n = 12000$,

$$da_n = 0^m,2893.$$

L'erreur entre la base calculée et la longueur mesurée directement a été trouvée de $\frac{1}{3}$ de mètre; ce qui diffère très-peu du résultat précédent dépendant de notre hypothèse.

On tire naturellement de là cette conséquence que les valeurs d'un même côté de triangle, provenant de différentes chaînes, ne doivent généralement s'écarter de la véritable longueur de ce côté que d'un trentième environ : ainsi des discordances de 3 à 4 mètres, sur une longueur de trente mille mètres indiqueraient nécessairement un vice radical dans les opérations trigonométriques, et il serait inutile dans ce cas d'appliquer le calcul des probabilités à la recherche de la mesure de la précision de ces opérations. Ce qu'il y aurait de mieux à faire serait de vérifier scrupuleusement les parties du réseau sur lesquelles planeraient des soupçons.

4. La mesure directe d'une seconde base a_n mettant en évidence l'erreur λ, il importe, pour faire disparaître cette discordance des deux bases, de répartir λ de la manière la plus avantageuse sur tous les angles et tous les côtés du réseau. En supposant d'abord indépendantes les corrections cherchées $x\,y$, $x_1\,y_1, \ldots$, leurs valeurs seraient à la fois proportionnelles à λ et à leurs coefficients respectifs $l\,m$, $l_1\,m_1, \ldots$; ainsi on aurait

$$x = \mu l\lambda\,, \quad x_1 = \mu l_1\lambda\,, \text{ etc.}$$
$$y = \mu m\lambda, \quad y_1 = \mu m_1\lambda, \text{ etc.}$$

ensuite, en substituant ces valeurs dans (1) on trouverait, à cause de $E_n = \lambda$,

$$\mu = \frac{1}{l^2 + m^2 + l_1^2 + m_1^2 + \dots};$$

partant

$$x = \frac{l\lambda}{G}, \quad y = \frac{m\lambda}{G}, \text{ etc.}$$

en faisant

$$G = l^2 + m^2 + l_1^2 + m_1^2 + \dots$$

Mais comme, d'après ce qui précède, il est nécessaire de satisfaire à la relation $\delta x = \delta y$, etc., et que pour cela il suffit de changer la fonction G en celle désignée par F, sans toutefois détruire l'identité des deux membres de l'équation (1); les nouvelles valeurs de xy, $x_1 y_1$, ... qui jouiront de cette double propriété auront nécessairement cette forme:

$$x = \frac{(l + H)\lambda}{F}, \quad y = \frac{(m + K)\lambda}{F},$$

$$x_1 = \frac{(l_1 + H_1)\lambda}{F}, \quad y_1 = \frac{(m_1 + K_1)\lambda}{F},$$

etc. etc.

et il est aisé de voir que l'on aura alors

$$lH + mK = -lm$$
$$l_1 H_1 + m_1 K_1 = -l_1 m_1$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots$$

Les quantités H K, $H_1 K_1$, etc. restant indéterminées, il y aurait sans doute une infinité de manières de satisfaire à l'équation (1); mais puisque, dans le cas présent, il n'y a aucun motif de donner plus de prépondérance au terme lH

qu'au terme $m\mathrm{K}$, il est tout naturel de supposer

$$l\mathrm{H} = -\tfrac{1}{2}lm, \quad m\mathrm{K} = -\tfrac{1}{2}lm, \text{ etc.}$$

partant,

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{(l-\frac{1}{2}m)\lambda}{\mathrm{F}}, & y &= \frac{(m-\frac{1}{2}l)\lambda}{\mathrm{F}} \\ x_1 &= \frac{(l_1-\frac{1}{2}m_1)\lambda}{\mathrm{F}}, & y_1 &= \frac{(m_1-\frac{1}{2}l_1)\lambda}{\mathrm{F}} \\ \text{etc.} & & \text{etc.} & \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Telles sont en effet les corrections que Laplace a déduites de la théorie analytique des probabilités (2e *Supplément*, p. 18). Le raisonnement qui nous y a conduit n'a peut-être pas toute la rigueur désirable, mais il jouit du moins de l'avantage de n'exiger, pour être saisi, que les notions les plus simples du calcul. Si ce mode de correction eût été connu à l'époque où Delambre essaya de faire accorder entre elles les bases de Melun et de Perpignan, en altérant arbitrairement les angles des triangles de la méridienne d'une quantité extrêmement petite, à la vérité, ce célèbre astronome en aurait probablement fait usage. J'ai moi-même proposé à ce sujet une méthode de calcul directe et simple, dans le supplément à mon Traité de Géodésie, mais il resterait à en prouver rigoureusement la légitimité. Tout bien considéré, si la discordance des bases sortait sensiblement des limites dans lesquelles elle est ordinairement renfermée, les corrections précédentes devraient être exclusivement adoptées.

Nous n'avons attribué aucune erreur à la mesure directe des bases, parce que les procédés employés pour cette mesure sont maintenant si exacts qu'ils ne laissent aucune incertitude à cet égard. Delambre, en supposant une erreur due

à un défaut d'alignement des règles de platine et à leur épaisseur, trouva à peine 5 millièmes de toise à ôter d'une longueur de 6076 toises. Il est vrai que, dans cette évaluation, il ne tint aucun compte de l'erreur de lecture du vernier des languettes, laquelle peut être accidentellement positive ou négative : en la désignant par α pour chaque règle portée n fois dans la longueur d'une base, l'erreur totale ε à craindre serait, en vertu du second principe (art. 1),

$$\varepsilon = \pm \alpha \sqrt{n}.$$

Par exemple, les parties du vernier des languettes de chaque règle étant des cent-millièmes de toise, il n'est guère possible de commettre dans leur lecture une erreur d'*estime* de plus d'un quart de partie ou de $0^t,000025$, soit en plus soit en moins : ainsi pour une longueur de 3021 règles, comme celle de la base de Melun, on aurait

$$\varepsilon = \pm 0^t,000025\sqrt{3021} = \pm 0^t,0013;$$

quantité assez petite pour être négligée.

§ III.

Recherche de l'erreur moyenne qui affecte tant la mesure d'un arc de méridien assujéti à celle d'une ou de deux bases, que la valeur du dernier azimut d'une chaîne de triangles.

5. Représentons par M la longueur BM d'un arc de méridien compris entre les parallèles des points extrêmes B, M du réseau ci-dessus, et désignons par $J J_1 J_2 J_3 \ldots J_n$ les por-

tions consécutives de cet arc, déterminées par les perpendiculaires abaissées des extrémités des côtés $aa_1a_2a_3\ldots a_n$ sur ce même arc; enfin appelons $ZZ_1Z_2Z_3\ldots Z_n$ les azimuts de ces côtés, comptés tous à partir du sud et allant vers l'ouest; on aura évidemment

$$J = a\cos.(\pi - Z) = -a\cos.Z;$$

et en différenciant cette valeur dans la supposition que a et Z sont variables, il viendra

$$\frac{dJ}{J} = \frac{da}{a} - dZ\,\text{tang.}\,Z;$$

pareillement

$$\frac{dJ_1}{J_1} = \frac{da_1}{a_1} - dZ_1\,\text{tang.}\,Z_1,$$

et ainsi de suite. Mais si la base a et le premier azimut Z sont exactement connus, comme il arrive dans les opérations géodésiques faites avec soin, il suffira de partir de J_1 pour avoir l'erreur entière dM de l'arc mesuré : dans ce cas

$$(7)\quad dM = J_1\left(\frac{da_1}{a_1} - dZ_1\,\text{tang.}\,Z_1\right) + J_2\left(\frac{da_2}{a_2} - dZ_2\,\text{tang.}\,Z_2\right)$$
$$+ \ldots\ldots\ldots\ldots + J_n\left(\frac{da_n}{a_n} - dZ_n\,\text{tang.}\,Z_n\right).$$

Reste à mettre dans cette expression pour $\frac{da_1}{a_1}$, $\frac{da_2}{a_2}$, etc. dZ_1, dZ_2, etc. leurs valeurs : or en désignant, comme précédemment, par $xy-(x+y)$, $x_1y_1-(x_1+y_1)$, ... les erreurs des angles ABC, $A_1B_1C_1$, ... on aura, entre les azimuts $Z, Z_1, Z_2, \ldots Z_n$ aux sommets B, C, A, D, E, ... L du réseau, les relations suivantes :

$$\begin{aligned}
&Z_1 - Z + C - x - y = \pi\\
&Z_1 - Z_2 + C_1 - x_1 - y_1 = \pi\\
&Z_2 - Z_3 + C_2 - x_2 - y_2 = \pi\\
&Z_3 - Z_4 + C_3 - x_3 - y_3 = \pi\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}$$

d'où l'on tire

$$Z_1 = \pi + Z - C + x + y, \qquad Z_2 = Z - C + x + y + C_1 - x_1 - y_1$$

$$Z_3 = \pi - Z - C + x + y + C_1 - x_1 - y_1 - C_2 + x_2 + y_2,$$

$$Z_4 = Z - C + x + y + C_1 - x_1 - y_1 - C_2 + x_2 + y_2 + C_3 - x_3 - y_3$$

etc.

et par conséquent

$$dZ_1 = x + y; \quad dZ_2 = x + y - x_1 - y_1; \quad dZ_3 = x + y - x_1 - y_1 + x_2 + y_2; \text{ etc.}$$

ou en général

$$(8) \qquad dZ_n = x - x_1 + x_2 - x_3 + \ldots \mp x_{n-1} + y - y_1 + y_2 - y_3 + \ldots \mp y_{n-1},$$

le signe supérieur ayant lieu si n est pair, et le signe inférieur si n est impair.

Introduisant ces valeurs dans celle de $d\mathrm{M}$ et développant, on trouvera définitivement une expression de cette forme :

$$(9) \quad d\mathrm{M} = \mathrm{P}x + \mathrm{Q}y + \mathrm{P}_1 x_1 + \mathrm{Q}_1 y_1 + \ldots + \mathrm{P}_{n-1} x_{n-1} + \mathrm{Q}_{n-1} y_{n-1}$$

dans laquelle

$P = -\Sigma J_n(\text{cot.}A + \text{tang.}Z_n)$; $P_1 = -\Sigma J_{2+i}(\text{cot.}A_1 - \text{tang.}Z_{2+i})$;
$Q = \Sigma J_n(\text{cot.}B - \text{tang.}Z_n)$; $Q_1 = \Sigma J_{2+i}(\text{cot.}B_1 + \text{tang.}Z_{2+i})$;
$P_2 = -\Sigma J_{3+i}(\text{cot.}A_2 + \text{tang.}Z_{3+i})$; .....;
$Q_2 = \Sigma J_{3+i}(\text{cot.}B_2 - \text{tang.}Z_{3+i})$; .....;
$P_{n-1} = -J_n(\text{cot.}A_{n-1} \mp \text{tang.}Z_n)$
$Q_{n-1} = J_n(\text{cot.}B_{n-1} \pm \text{tang.}Z_n)$;

Σ étant le signe d'une somme. Il sera nécessaire, pour reproduire le développement dont il s'agit, de commencer depuis $n=1$, et depuis $i=0$, jusqu'à $2+i$, $3+i$, $4+i\ldots=n$. De plus, afin d'éviter l'emploi de trop grands nombres, il conviendra de prendre pour unité de longueur une des bases mesurées, ou toute autre ligne.

On embrassera à la fois tous les systèmes d'erreurs xy, x_1y_1, ... en appréciant l'erreur moyenne s de la mesure de l'arc M, c'est-à-dire celle dont la probabilité est $\frac{1}{2}$; ainsi en raisonnant comme à l'art. 3 et recourant à la règle relative aux erreurs indépendantes, puis ayant égard à la remarque qui la modifie, à cause de la relation

$$\delta x = \delta y = \tfrac{1}{3}T, \quad \delta x_1 = \delta y_1 = \tfrac{1}{3}T_1, \text{ etc.}$$

on aura

$$(10) \quad s = \tfrac{1}{3}\sqrt{(P^2+Q^2-PQ)T^2+(P_1^2+Q_1^2-P_1Q_1)T_1^2+\ldots}$$

ou faisant $\frac{\theta^2}{n} = \frac{T^2+T_1^2+\ldots\ldots+T_{n-1}^2}{n}$, il viendra en dernière analyse

$$(10') \quad s = \tfrac{1}{3}\theta \sin.1'' \sqrt{\frac{(P^2+Q^2-PQ)+(P_1^2+Q_1^2-P_1Q_1)+\ldots\ldots}{n}},$$

n désignant toujours le nombre des triangles dont se com-

pose l'arc de méridien. On doit reconnaître maintenant que toutes les fois qu'une ligne du sphéroïde terrestre donnera lieu à une équation différentielle telle que (9), la valeur de s précédente en exprimera l'erreur moyenne.

M. Damoiseau, qui a appliqué les formules de probabilité à la méridienne de France, sur l'invitation de l'auteur de ces formules, a trouvé que relativement à la partie de cette ligne mesurée par 26 triangles, et comprise entre le signal de Busgarach près Perpignan, et Formentera, la fonction $\Sigma(P^2+Q^2-PQ)=48350{,}606$, en prenant pour unité la base de Perpignan, savoir $a=11706^m,4$: or, comme dans cet espace, $\theta^2=108{,}184$, il s'ensuit que

$$\frac{s}{a}=\frac{1}{3}\theta \sin. 1'' \sqrt{\frac{48350{,}606}{26}},$$

et qu'enfin

$$s=\pm 8^m,485;$$

la probabilité qui répond à cette valeur étant $\frac{1}{2}$.

6. Les mêmes considérations analytiques conduisent sans difficulté à l'erreur moyenne probable du dernier azimut Z_n d'une chaîne de triangles, entre toutes celles dZ_n qui peuvent avoir lieu : en nommant v cette erreur moyenne on a

$$(11) \qquad v=\frac{1}{3}\sqrt{T^2+T_1^2+T_2^2+\ldots+T^2_{n-1}}=\frac{1}{3}\theta,$$

puisqu'en effet la fonction (8) a la forme

$$dZ_n=px+qy+p_1x_1+q_1y_1+\ldots\ldots,$$

et que $p=q=1$, $p_1=q_1=-1$, etc.

Si, au lieu de supposer aux angles A, B, C; ..... les corrections $x, y, -(x+y)$; ..... on leur appliquait respecti-

vement celles-ci : $x, -(x+z), z; \ldots\ldots$, l'erreur de Z_n serait

$$dZ_n = -z + z_1 - z_2 + \ldots\ldots \pm z_{n-1},$$

et sa valeur moyenne, vu l'indépendance de $z\,z_1\ldots\ldots$ serait également $v = \frac{1}{3}\theta$.

Si, par exemple, on voulait trouver les limites de l'erreur du dernier azimut du côté de la chaîne des 26 triangles compris entre Perpignan et Formentera, on aurait, d'après les données rapportées précédemment,

$$\theta^2 = 108{,}84, \text{ d'où } \theta = 10'',4012 \text{ sexagésimales};$$

et ces limites, qui ont généralement pour expression $\pm\frac{2}{3}\theta\,t$, deviendraient

$$\pm t.6'',9341.$$

Quant à leur probabilité, elle serait

$$p = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int dt.e^{-t^2},$$

l'intégrale étant prise depuis t nul. En faisant donc $t = \frac{1}{2}$ ou plus exactement $t = 0{,}47708$, il y aurait un contre un à parier que l'erreur de l'angle Z_n tombe entre les limites $\pm 3'',3081$.

Nous rappellerons que l'erreur v qui affecte l'azimut à l'extrémité d'un arc de plus courte distance perpendiculaire à un méridien, conclu de l'azimut de l'autre extrémité, ferait connaître immédiatement celle de la différence de longitude φ de ces mêmes extrémités. En effet si H est la latitude du pied de la perpendiculaire, et $\delta\varphi$ l'erreur cherchée, on aura

$$\delta\varphi = -v \operatorname{coséc.} H.$$

Telle est la correction à faire à l'angle φ calculé géodésique-

ment, pour connaître avec plus de précision les longitudes déduites de l'observation astronomique des azimuts. (Voyez le *Supplément au Traité de Géodésie*, p. 80.)

Il est important de s'assurer si l'azimut de départ peut être supposé exempt d'erreur, en évaluant effectivement la précision de sa mesure résultante d'un grand nombre n d'observations faites avec le cercle répétiteur. Or d'après la première règle du § I, si l'on désigne par x la moyenne arithmétique de toutes les valeurs observées, et par u l'erreur moyenne probable de ce résultat, on aura

$$u = \frac{1}{2n}\sqrt{2(\alpha_1^2+\alpha_2^2+\ldots\ldots+\alpha_n^2)}.$$

$\alpha_1 \alpha_2 \ldots\ldots$ ayant la même signification qu'au paragraphe cité. Ensuite, d'après la remarque qui suit l'énoncé de la seconde règle, la probabilité de u sera proportionnelle à e^{-hu^2}, en faisant $h = \frac{n^2}{2(\alpha_1^2+\alpha_2^2+\ldots\ldots+\alpha_n^2)}$, ou ce qui est de même, la probabilité que u est comprise entre les limites..... $\pm\frac{t}{n}\sqrt{2(\alpha_1^2+\alpha_2^2+\ldots\ldots)}$ sera représentée par la valeur ci-dessus de p.

7. L'importance qu'on attache à la détermination exacte d'un arc de méridien dans la question délicate de la figure de la terre exigeant au moins la mesure de deux bases, afin que l'une servît de vérification à l'autre, on n'évaluera la longueur de cet arc qu'après avoir corrigé les angles et les côtés du réseau par le procédé de l'art. 4; ou bien l'on opérera ainsi qu'il suit.

Si dans la fonction (9) on substitue les valeurs de xy, $x_1 y_1, \ldots\ldots$ données (art. 4) et désignées par (6); la correction

résultante de la mesure de la seconde base sera

$$\sigma = \Sigma\left[l\left(\mathrm{P} - \tfrac{1}{2}\mathrm{Q}\right) + m\left(\mathrm{Q} - \tfrac{1}{2}\mathrm{P}\right)\right]\frac{\lambda}{\mathrm{F}},$$

quantité qu'il faudra ôter de M calculé rigoureusement par le procédé connu, pour avoir sa longueur corrigée. Néanmoins $s - \sigma$ sera l'erreur qu'il y aura encore à craindre sur cette longueur. Or en faisant $u = s - \sigma$, on aura

$$u = s - \Sigma\left[l\left(\mathrm{P} - \tfrac{1}{2}\mathrm{Q}\right) + m\left(\mathrm{Q} - \tfrac{1}{2}\mathrm{P}\right)\right]\frac{\lambda}{\mathrm{F}};$$

puis ayant égard au corollaire de l'art. 2, et mettant ici au lieu de λ et s leurs expressions (5), (10′), l'erreur moyenne u sera

$$(12)\quad u = \tfrac{1}{3}\theta \sin. 1'' \sqrt{\frac{1}{n}\Sigma(\mathrm{P}^2 + \mathrm{Q}^2 - \mathrm{PQ}) - \frac{1}{n}\frac{\left(\Sigma\left[l\left(\mathrm{P} - \frac{1}{2}\mathrm{Q}\right) + m\left(\mathrm{Q} - \frac{1}{2}\mathrm{P}\right)\right]\right)^2}{\Sigma(l^2 + m^2 - lm)}}.$$

Il est donc évident que par la mesure d'une nouvelle base et par la correction précédente, l'erreur s deviendra moins probable, ou, comme le dit Laplace, le *poids* du résultat sera augmenté.

On parvient par le même raisonnement à la correction du dernier azimut Z_n conclu de la première inclinaison Z. Cette correction, qui doit être ajoutée à la fonction (8), est

$$-\tfrac{1}{2}\left[l - l_1 + l_2 - \ldots\ldots + m - m_1 + m_2 - \ldots\ldots\right]\frac{\lambda}{\mathrm{F}};$$

alors la probabilité que l'erreur de l'angle Z_n ainsi corrigé est resserrée entre les limites $\pm v'$ sera

$$\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int dt \,.\, e^{-t^2},$$

l'intégrale s'étendant depuis t nul jusqu'à

$$(13) \qquad t = \frac{\frac{3}{2} v' \sqrt{n}}{\theta \sqrt{n - \frac{1}{4} \frac{[l - l_1 + \ldots + m - m_1 + \ldots]^2}{F}}}.$$

8. Cherchons maintenant, dans un cas particulier, l'expression de dM; par exemple supposons tous les triangles CAD, ADE, DEF, ... isocèles et rectangles en A, D, E, ...; supposons en outre que leurs bases soient parallèles à l'arc de méridien qu'ils mesurent; on aura dans ce cas,

$$A = A_1 = A_2 = \ldots = 45^\circ; \quad B = B_1 = B_2 = \ldots = 45^\circ;$$

de plus

$$J_1 = J_2 = J_3 = \text{etc.},$$

et dans l'expression de dM désignée par (9) on aura

$$\begin{aligned}
P &= -J[n \cot. A + (\text{tang.} Z_1 + \text{tang.} Z_2 + \ldots + \text{tang.} Z_n)] \\
Q &= J[n \cot. A - (\text{tang.} Z_1 + \text{tang.} Z_2 + \ldots + \text{tang.} Z_n)] \\
P_1 &= -J[(n-1) \cot. A - (\text{tang.} Z_2 + \text{tang.} Z_3 + \ldots + \text{tang.} Z_n)] \\
Q_1 &= J[(n-1) \cot. A + (\text{tang.} Z_2 + \text{tang.} Z_3 + \ldots + \text{tang.} Z_n)] \\
P_2 &= -J[(n-2) \cot. A + (\text{tang.} Z_3 + \text{tang.} Z_4 + \ldots + \text{tang.} Z_n)] \\
Q_2 &= J[(n-2) \cot. A - (\text{tang.} Z_3 + \text{tang.} Z_4 + \ldots + \text{tang.} Z_n)] \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}$$

valeurs qui, à cause de

$$\begin{aligned}
\text{tang.} A &= \text{tang.} Z_1 = \text{tang.} Z_3 = \text{tang.} Z_5 = \text{etc.} \\
&= -\text{tang.} Z_2 = -\text{tang.} Z_4 = -\text{tang.} Z_6 = \text{etc.}
\end{aligned}$$

en vertu de notre hypothèse, se changent en celles-ci, lorsque n est pair:

$$P = -J_n \cot. A, \quad P_1 = -J[(n-1)\cot. A - \text{tang. } A]$$
$$Q = J_n \cot. A, \quad Q_1 = J[(n-1)\cot. A + \text{tang. } A]$$
$$P_2 = -J(n-2)\cot. A, \quad P_3 = -J[(n-3)\cot. A + \text{tang. } A]$$
$$Q_2 = J(n-2)\cot. A, \quad Q_3 = J[(n-3)\cot. A - \text{tang. } A]$$
etc. etc.

Substituant ces dernières dans la formule (10′) on trouvera en définitive, lors même que tous les triangles seraient équilatéraux,

$$s = \tfrac{1}{3} J \theta \sin. 1'' \sqrt{\tfrac{3}{n}[n^2+(n-1)^2+(n-2)^2+\ldots+1^2]\cot. A - \tfrac{1}{2}\text{tang.}^2 A}.$$

Mais la somme des carrés des nombres naturels depuis l'unité jusqu'à n inclusivement est $\frac{1}{6} n(n+1)(2n+1)$; partant, en négligeant le terme $-\frac{1}{2}\text{tang.}^2 A = -\frac{1}{2}$,

$$(14) \qquad s = \tfrac{1}{3} J \theta \sin. 1'' \sqrt{\tfrac{1}{2}(n+1)(2n+1)};$$

ce qui serait encore vrai si n était impair.

Choisissons, pour exemple numérique, les données mêmes employées par Laplace, en cette circonstance, c'est-à-dire prenons les 26 triangles qui unissent la base de Perpignan à Formentera; on aura

$$n = 26; \quad J = \frac{M}{n} = \frac{466006^m}{26}; \quad \theta^2 = 108{,}184;$$

et la dernière formule ci-dessus donnera sans difficulté,

$$s = \pm 8^m{,}1,$$

résultat qui s'accorde assez bien avec celui de l'art. 5, quoique les triangles n'aient pas la forme que nous leur avons supposée ici: en le multipliant par tang. 30° il serait évidemment

relatif aux triangles équilatéraux ; il y aurait donc de l'avantage à faire choix de ces derniers, si cela était possible.

Voyons maintenant quelle diminution produirait sur l'erreur s la mesure d'une seconde base, et dans ce but évaluons la formule (12). D'abord, en vertu de notre hypothèse sur la forme des triangles, la fonction

$$\Sigma[l(\mathrm{P}-\tfrac{1}{2}\mathrm{Q})+m(\mathrm{Q}-\tfrac{1}{2}\mathrm{P})]=\tfrac{3}{2}\mathrm{J}n(n+1),$$

et celle

$$\Sigma(l^2+m^2-lm)=3n.$$

D'un autre côté nous avons trouvé tout à l'heure

$$\frac{1}{n}\Sigma(\mathrm{P}^2+\mathrm{Q}^2-\mathrm{PQ})=\tfrac{1}{2}\mathrm{J}^2(n+1)(2n+1);$$

ainsi la formule citée donne, toutes réductions faites,

$$(14') \qquad u=\tfrac{1}{3}\mathrm{J}\theta\sin.1''\sqrt{\frac{(n+1)(n-1)}{4}}.$$

Les erreurs également probables étant proportionnelles à

$$\sqrt{\tfrac{1}{2}(n+1)(2n+1)} \quad \text{et} \quad \sqrt{\tfrac{1}{4}(n+1)(n-1)},$$

ou, à cause de $n=26$, à

$$\sqrt{715{,}5}=26{,}75 \quad \text{et} \quad \sqrt{168{,}75}=12{,}99;$$

on voit qu'elles sont à peu près réduites de moitié, par la correction que procure la mesure d'une seconde. Il n'est pas difficile de prouver qu'on obtiendrait à très-peu près le même résultat en calculant la première moitié de la ligne géodésique avec la première base, et la seconde moitié de cette ligne avec l'autre base; sans faire aucune correction aux angles.

En rapprochant cette solution de celle que Laplace a donnée p. 15 du troisième Supplément à sa Théorie des probabilités, on reconnaîtra sans doute que nous avons rendu la nôtre aussi simple que possible.

9. Nous ferons remarquer, d'après le même géomètre, que l'exactitude relative de deux opérations parfaitement exécutées, mais dans lesquelles on a fait usage d'instruments différents, s'apprécie par la comparaison des valeurs de $\frac{\theta^2}{n}$ déduites d'un grand nombre de triangles dans chacune de ces opérations. Par exemple des 107 triangles de la méridienne de France, mesurée en grande partie par Delambre et Méchain, on tire

$$\frac{\theta^2}{n} = \frac{445{,}217}{107} = 4{,}1609 = \varepsilon;$$

et des 43 triangles de l'arc de méridien mesuré au Pérou, par Bouguer et la Condamine, on obtient

$$\frac{\theta'^2}{n'} = \frac{1718}{43} = 39{,}953 = \varepsilon';$$

ainsi cette dernière valeur étant environ dix fois plus grande que la première, il s'ensuit que les opérations de France sont beaucoup plus exactes que celles du Pérou. Or les erreurs également probables, relatives aux instruments employés dans ces deux opérations, étant proportionnelles aux racines carrées de ε et ε'; on en conclut que les limites $\pm 8^m{,}1$ entre lesquelles on vient de voir qu'il y aurait un contre un à parier que tombe l'erreur de l'arc mesuré depuis Perpignan jusqu'à Formentera, par MM. Biot et Arago, auraient été $\pm 25^m{,}1$ si l'on eût employé les instruments qui ont servi à l'équateur.

Les opérations géodésiques faites en Italie, pendant les années 1821, 1822 et 1823, par une commission d'officiers autrichiens et piémontais, pour la mesure d'un arc du parallèle moyen, et accompagnées d'observations astronomiques dues à MM. Carlini et Plana, astronomes italiens, sont, en ce genre, un modèle remarquable de précision. En effet, la chaîne de seize triangles, qui s'étend depuis Superga près Turin jusqu'au Mont-Colombier en Savoie, a été mesurée avec un soin si particulier que la plus grande erreur de la somme des trois angles de l'un de ces triangles n'atteint pas $1''\frac{1}{4}$ sexagésimale. Cette chaîne donne seulement

$$\frac{\theta^2}{n} = \frac{8,0658}{16} = 0,5041.$$

Une pareille exactitude provient surtout de l'habileté des trigonomètres et de leurs nombreuses observations. En l'admettant dans la chaîne des 26 triangles qui unissent la base de Perpignan à Fermentera, l'on aurait $\theta^2 = 13,11$ ou $\theta = 3'',62$ au lieu de $\theta = 10'',4$ (art. 8); et alors la valeur de s serait $\pm 2^m,95$ au lieu de $\pm 8^m,1$. Malgré l'usage que l'on fit de reverbères pour points de mire, dans cette partie de la méridienne, les erreurs des triangles n'ont pas été moindres que de coutume; ainsi les observations nocturnes des angles horizontaux, qui avaient été recommandées par le célèbre Laplace, sont tout aussi influencées par les effets de la réfraction atmosphérique que celles de jour, si même elles ne le sont quelquefois davantage dans les lieux bas, comme on l'a remarqué entre Paris et Strasbourg, lors de la mesure du parallèle compris entre ces deux villes.

§ IV.

Évaluation de l'erreur moyenne dont se trouve affectée la mesure d'un arc de parallèle, comme dans le cas de la détermination d'un arc de méridien.

10. Nous considérerons maintenant le réseau trigonométrique ABCD.... M comme étant destiné à faire connaître le grandeur B d'un arc BM de parallèle, et nous désignerons toujours par $ZZ_1Z_2 \ldots Z_n$ les inclinaisons des côtés consécutifs $aa_1a_2 \ldots a_n$ sur les méridiens des sommets BCA... L; ces inclinaisons étant comptées, si l'on veut, du nord à l'est, ou mieux, comme de coutume, du sud à l'ouest et depuis zéro jusqu'à 2π. D'une manière ou d'une autre les portions $JJ_1J_2 \ldots J_n$ de l'arc mesuré, comprises entre les méridiens des points BCA.... L auront à fort peu près pour expression

$$J = a \sin. Z, \quad J_1 = a_1 \sin. Z_1, \text{ etc.}$$

et par suite on aura

$$\frac{dJ_1}{J_1} = \frac{da_1}{a_1} + dZ_1 \cot. Z_1,$$

ou généralement

$$\frac{dJ_n}{J_n} = \frac{da_n}{a_n} + dZ_n \cot. Z_n.$$

D'un autre côté l'on sait que

$$dZ_1 = x + y; \quad dZ_2 = x + y; \quad dZ_3 = x + y; \text{ etc.}$$
$$- x_1 - y_1 \qquad - x_1 - y_1$$
$$+ x_2 + y_1$$

ainsi, de même que pour un arc de méridien,

$$(15)\quad dB = Px + Qy + P_1x_1 + Q_1y_1 + P_2x_2 + Q_2y_2 + \ldots\ldots$$

mais en faisant ici

$$P = -\Sigma J_n(\cot.A - \cot.Z_n);\quad P_1 = -\Sigma J_{2+i}(\cot.A_1 + \cot.Z_{2+i});$$
$$Q = \Sigma J_n(\cot.B + \cot.Z_n);\quad Q_1 = \Sigma J_{2+i}(\cot.B_1 - \cot.Z_{2+i});$$
$$P_2 = -\Sigma J_{3+i}(\cot.A_2 - \cot.Z_{3+i});\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots;$$
$$Q_2 = \Sigma J_{3+i}(\cot.B_2 + \cot.Z_{3+i});\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots;$$
$$P_{n-1} = -J_n(\cot.A_{n-1} \pm \cot.Z_n)$$
$$Q_{n-1} = J_n(\cot.B_{n-1} \mp \cot.Z_n),$$

et en ayant soin de se conformer, dans le développement de ces coefficients, à la remarque qui a déja été faite à ce sujet.

Maintenant, appelant s' l'erreur moyenne entre toutes celles dB; on aura, par ce qui précède,

$$(16)\qquad s' = \tfrac{1}{3}\theta \sin.1'' \sqrt{\frac{\Sigma(P^2 + Q^2 - PQ)}{n}},$$

et généralement la probabilité d'une erreur s'' donnée sera

$$p = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int dt.e^{-t^2},$$

l'intégrale étant prise depuis $t = 0$, jusqu'à

$$(17)\qquad t = \frac{3}{2}\cdot\frac{s''}{\theta \sin.1''}\sqrt{\frac{n}{\Sigma(P^2 + Q^2 - PQ)}}.$$

La valeur numérique de cette intégrale s'obtiendra aisément à l'aide de la table que Kramp a donnée à la fin de sa

Théorie des réfractions astronomiques. Par exemple on y prendra immédiatement la valeur de l'intégrale $\int_t^\infty dt.e^{-t^2}$; mais comme celle $\int_0^\infty dt.e^{-t^2} = \frac{1}{2}\sqrt{\pi}$, il est clair qu'on aura

$$\int_0^t dt.e^{-t^2} = \tfrac{1}{2}\sqrt{\pi} - \int_t^\infty dt.e^{-t^2},$$

et ensuite

$$p = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int dt.e^{-t^2} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_t^\infty dt.e^{-t^2}.$$

Pour plus de clarté, faisons $t=3$; la table citée, qui a pour argument cette limite, donnera

$$\int_t^\infty dt.e^{-t^2} = 0{,}000019577;$$

ainsi

$$p = 1 - 0{,}000022091$$
$$= 0{,}999977909.$$

Il y a donc presque certitude que l'erreur moyenne s' est comprise entre les limites $\pm 6s'$. Plus exactement la probabilité contraire à p étant

$$p' = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_t^\infty dt.e^{-t^2},$$

on a

$$p' = 0{,}000022091,$$

ou sensiblement $p' = \frac{1}{50000}$; il y a donc à très-peu près cinquante mille à parier contre un que l'erreur de l'arc B n'atteint pas les limites dont il s'agit.

Nous croyons inutile de prouver que la correction de B, qui résulterait de la mesure d'une seconde base, rendrait moins probable l'erreur s'; puisqu'il a déja été question de ce fait. Nous pensons également qu'il est superflu de passer à de nouveaux exemples numériques des formules précédentes, parce qu'ils n'ajouteraient rien aux éclaircissements qui accompagnent ceux que nous avons donnés. Nous ferons observer seulement que ces formules sont écrites de manière qu'elles ne peuvent jamais occasionner d'embarras dans la pratique, en ayant égard aux signes des quantités algébriques; et qu'il n'est pas nécessaire de trouver, comme pour celles de Laplace, les nœuds que la ligne géodésique forme avec les côtés des triangles ou leur prolongement; parce que nous avons eu soin de substituer aux inclinaisons de ces côtés sur cette ligne les azimuts rapportés aux sommets des triangles. Cette substitution était surtout indispensable pour un arc de parallèle qui ne jouit pas de la même propriété qu'une ligne de plus courte distance.

§ V.

Remarque sur la mesure de la précision d'un nivellement trigonométrique.

11. L'appréciation de l'erreur moyenne de la différence de niveau des deux points extrêmes d'un réseau de triangles, faisant l'objet de notre premier Mémoire, nous considérerons simplement l'effet de la variabilité de la réfraction terrestre sur le résultat du nivellement, vu que la mesure de cet effet nous paraît sujette à contestation.

En admettant la notation employée dans ce Mémoire, $k_1, k_2, k_3 \ldots k_i$ seront les bases consécutives des nivellements partiels, R désignera le rayon de la terre, n le coefficient de la réfraction, et δX l'erreur moyenne de la différence de niveau X déterminée par le procédé connu. Cela posé, on aura, d'après la deuxième règle du § I,

$$\delta X = \sqrt{\left(\frac{k_1^2}{2R}\delta n_1\right)^2 + \left(\frac{k_2^2}{2R}\delta n_2\right) + \ldots + \left(\frac{k_i^2}{2R}\delta n_i\right)^2}$$

en représentant d'ailleurs par $\delta n_1\, \delta n_2 \ldots \delta n_i$ les erreurs moyennes de la réfraction.

En effet, tous les nivellements partiels sont indépendants les uns des autres, et chacun d'eux procure une valeur de n relative à l'état actuel de l'atmosphère. Cette valeur unique, pour chaque double station, étant le résultat de plusieurs distances zénitales réciproques, mais par supposition non simultanées, la variation δn exprime en général le changement qui s'est opéré dans la réfraction en passant d'une station à l'autre, avec laquelle on la compare. Si pendant toute la durée des opérations la densité de l'air et sa température étaient restées constantes, il est clair que la valeur moyenne de n entre toutes les valeurs particulières $n_1\, n_2 \ldots n_i$ serait celle correspondante à cette densité et cette température; et dans ce cas $n_1 - n = dn_1$, $n_2 - n = dn_2, \ldots$ seraient les valeurs moyennes qu'il conviendrait d'adopter pour $\delta n_1\, \delta n_2 \ldots$. Si de plus ces erreurs individuelles étaient nombreuses, on pourrait remplacer les carrés de chacune d'elles par la somme q de leurs carrés divisée par leur nombre i; ainsi on aurait, dans cette hypothèse,

$$\delta X = \pm\sqrt{\left[\left(\frac{k_1^2}{2R}\right)^2 + \left(\frac{k_2^2}{2R}\right)^2 + \ldots\right]\frac{q}{i}},$$

ou, pour abréger,

$$(18) \qquad \delta X = \pm \sqrt{\frac{q}{i} \cdot \Sigma \left(\frac{k^2}{2R}\right)^2}.$$

Ce résultat rentre dans celui que Laplace a donné p. 22 du 3e Supplément à la *Théorie des probabilités*, en écrivant ici $2q$ au lieu de q; puisque, selon ce savant célèbre, la probabilité d'une erreur δX ou s est proportionnelle à l'exponentielle

$$e^{-\frac{is^2}{8q\Sigma\left(\frac{k^2}{2R}\right)^2}},$$

c'est-à-dire que

$$(18') \qquad s = \pm \sqrt{\frac{2q}{i} \Sigma \left(\frac{k^2}{2R}\right)^2}$$

lorsque sa probabilité est $\frac{1}{2}$.

Dans l'application que nous avons faite du calcul des probabilités au nivellement des deux mers, nous ne nous sommes arrêtés ni à l'une ni à l'autre de ces deux dernières formules, parce que nous avons cru remarquer que celle (18'), surtout, procurait une évaluation trop forte de l'erreur s. Nous n'avons pareillement tenu aucun compte de la valeur de la constante $\frac{\overline{4}k''}{k}$ relative aux erreurs probables des distances zénitales réciproques, et obtenue p. 28 du même Supplément; dans l'idée que cette valeur ne devait pas dépendre de la somme des erreurs des triangles qui mesurent la ligne de nivellement, comme nous l'avons déja dit. (*Voy.* tom. X.)

Par exemple, dans le triple nivellement des Pyrénées fait avec un soin extrême et dans des circonstances très-favorables, le plus grand écart autour du résultat moyen n'est que

d'un mètre; et en y appliquant la formule (18'), l'erreur de ce résultat serait à très-peu près de $2^m,5$; d'où il suit qu'il y aurait à parier neuf contre un que cette erreur est comprise dans les limites $\pm 6^m,1$; ce qui nous semble tout-à-fait inadmissible. Ces limites sont à la vérité plus resserrées en faisant usage de la formule (18), et elles se rapprochent beaucoup plus l'une de l'autre en prenant pour valeur de δn celle qui se rapporte au coefficient moyen n. Ce dernier choix que nous avons fait résulte de la remarque que, dans les régions élevées où les observations ont eu lieu, la réfraction ayant très-peu varié, les erreurs hypothétiques $\delta n_1, \delta n_2, \ldots$ ont dû être comparables à celle δn du coefficient moyen. Toutefois la question actuelle mérite, vu son importance en géographie physique, d'être soumise à un examen plus approfondi, afin de ne rien laisser à l'arbitraire.

La formule (18), en y supposant égales toutes les bases partielles $k_1, k_2, \ldots, k_\mu$ (μ étant leur nombre), devient

$$\delta X = \frac{k^2}{2R}\sqrt{\mu\frac{q}{i}};$$

si donc a désigne la longueur entière de la ligne trigonométrique, on aura $k = \frac{a}{\mu}$, et

$$\delta X = \frac{a^2}{2R}\sqrt{\frac{1}{\mu^3}\cdot\frac{q}{i}}.$$

Ainsi, toutes choses égales d'ailleurs, plus μ augmentera plus l'erreur moyenne δX sera petite, ou, ce qui est de même, les erreurs également probables seront proportionnelles à $\frac{1}{\mu^{\frac{3}{2}}}$. En général il convient que k ne dépasse pas 12000^m, afin

que le pointé soit plus certain et que la variabilité de la réfraction ait moins d'influence sur les différences de niveau. Les triangles employés à la mesure d'une ligne géodésique doivent au contraire être aussi grands que possible; car il est évident, à la seule inspection de la formule (10′), que l'erreur s de cette ligne sera d'autant moindre que le carré θ^2, qui croît sensiblement comme le nombre des triangles, sera plus petit.

Tels sont les détails dans lesquels nous avons cru devoir entrer pour démontrer élémentairement les formules géodésiques de probabilité, en partant seulement de l'expression de l'erreur d'une fonction de plusieurs quantités déterminées par des séries d'observations sujettes à des erreurs provenant de sources différentes : ces détails seront sans doute justifiés par la facilité avec laquelle les formules dont il s'agit pourront être appliquées aux opérations scientifiques de la nouvelle carte de France, dont il importe de mesurer le degré de confiance qu'elles sont susceptibles d'inspirer.

ERRATUM.

Page 133, lign. 10, trentième *lisez :* trente-millième.

MÉMOIRE

SUR

LA COMBINAISON DU CHLORE ET DU CYANOGÈNE OU CYANURE DE CHLORE.

PAR M. SÉRULLAS.

Lu à l'Académie royale des sciences, le 9 juillet 1827.

M. GAY-LUSSAC, dans son beau travail sur l'acide hydro-cyanique, nous a fait connaître (1) sous la dénomination d'*acide chloro-cyanique* un gaz que l'on dégage, par une légère chaleur, d'une dissolution d'acide hydro-cyanique saturée de chlore, l'excès de ce dernier étant préalablement absorbé par du mercure : antérieurement, M. Bertholet l'avait considéré comme de l'acide prussique oxigéné.

Jusqu'à présent on n'a pas pu obtenir ce corps à l'état de pureté. M. Gay-Lussac cependant est parvenu, et son habileté seule était capable de vaincre une si grande difficulté, à déterminer la nature de ses éléments, et même leur proportion : néanmoins beaucoup d'obscurité l'environne encore sous le

(1) *Annales de chimie*, t. XCV, p. 200.

rapport de ses propriétés essentielles; car on suppose qu'il doit sa gazéité à son mélange avec une plus ou moins grande quantité d'acide carbonique dont l'association ou celle d'un autre gaz est indispensable à sa stabilité sous cette forme; qu'il se présente à l'état liquide, à la température ordinaire sous l'influence solaire; qu'il est facilement décomposable par la chaleur; enfin qu'il est acide.

Rien de positif, sous aucun de ces rapports, ne pouvait être établi, puisqu'il s'agissait d'une substance évidemment impure, dont les propriétés pouvaient être modifiées dans ce cas, ou confondues avec celles des corps étrangers avec lesquels elle était mêlée.

Aussi M. Gay-Lussac, qui, faute de temps, n'a pu suivre l'étude de ce corps d'une manière approfondie, l'a signalé comme étant susceptible d'un nouvel examen; c'est cet examen que j'ai entrepris; je vais en exposer les résultats, et j'ai lieu de croire, quand ils seront connus, que ce corps très-remarquable prendra place parmi les composés chimiques bien déterminés, et dans une série autre que celle qui lui a été assignée.

Le point important de mes recherches devait être, d'après ce qu'on vient de voir, d'obtenir le *cyanure de chlore* pur (c'est ainsi que je désignerai dorénavant l'*acide chloro-cyanique*, dénomination qui sera justifiée par l'exposé de ses propriétés); aucun des moyens indiqués n'offrait cet avantage. Cependant, en me reportant au procédé que j'avais employé pour la préparation des cyanures d'iode et de brome, dont la production a lieu avec la plus grande facilité par le simple contact de l'iode ou du brome avec le cyanure de mercure, je ne concevais pas pourquoi on n'était pas arrivé

à un résultat analogue, en mettant en contact du chlore et du cyanure de mercure, ce que je voyais avoir été tenté sans succès. Fixé par l'analogie, déja tant de fois rappelée, qui existe entre le chlore, le brome et l'iode, je devais encore rechercher la cause de cette différence, et voir si elle ne dépendait pas de quelque circonstance inaperçue, et non de l'impossibilité. Je repris ce qui avait été fait à cet égard.

Je plaçai dans l'obscurité des flacons de chlore très-sec avec du cyanure de mercure parfaitement desséché; pas d'action sensible après trois semaines; résultat prévu, ayant été annoncé par M. Gay-Lussac.

Ces mêmes flacons, portés dans un lieu habituellement frappé par la lumière solaire, et dans la saison où elle est des plus vives, ne furent décolorés qu'après dix jours. L'un de ces flacons, ouvert sous le mercure, se remplit immédiatement aux trois quarts; le gaz restant était de l'air et très-peu de cyanure de chlore. Un autre flacon ouvert sous l'eau, celle-ci s'y est élevée, en prolongeant le contact, un peu plus que dans le premier; le résidu n'était que de l'air, le cyanure de chlore ayant été absorbé. La matière saline étant dissoute et le flacon abandonné quelque temps au repos, a laissé voir au fond quelques gouttes d'un liquide jaune dont il sera fait mention plus tard, et dans lequel je cherchai inutilement le cyanure de chlore.

Jusque-là je ne voyais rien qui pût me faire espérer d'atteindre le but que je me proposais, celui d'avoir du cyanure de chlore en quantité et pur.

Cependant, en revenant encore à la préparation des cyanures de brome et d'iode, et passant en revue les conditions qui concouraient à leur formation, j'y trouvai que lorsque

les matériaux étaient humides, que le cyanure de mercure était même dissous, on obtenait plus facilement et très-promptement le cyanure de brome et d'iode; observation que j'ai faite depuis la publication de mes Mémoires sur ces deux nouveaux corps; je pensai que cette condition devait être également favorable à la production du cyanure de chlore.

En effet, du cyanure de mercure pulvérisé a été introduit dans un flacon plein de chlore; une quantité d'eau suffisante pour délayer le cyanure, mais pas assez grande pour le dissoudre, a été ajoutée. La matière étant étendue pour présenter plus de surface sur le fond du flacon, j'ai placé celui-ci dans l'obscurité, craignant encore l'influence de la lumière qui, en raison du chlore en contact avec l'eau, pouvait changer les résultats. La décoloration a été complète en sept à huit heures. Le cyanure de mercure, sauf l'excès qu'on y avait mis à dessein, a été converti en bi-chlorure de ce métal, et en cyanure de chlore, qui occupait, sous forme de gaz, le reste de la capacité du flacon avec quelques portions d'air. La présence de l'air ne modifie aucunement les résultats. En ouvrant le flacon sous le mercure, point d'absorption; mais sous l'eau elle a été presqu'entière et assez rapide, vu la grande solubilité du cyanure de chlore; ce qui sera rappelé plus loin quand il sera question de ses propriétés.

C'est ainsi qu'on peut avoir le cyanure de chlore d'une manière tout-à-fait semblable à celle employée pour le cyanure d'iode et le cyanure de brome. Toutefois il n'est pas entièrement pur; il est inévitablement mêlé d'une plus ou moins grande quantité d'air atmosphérique qui s'y introduit, soit avec le chlore, soit avec le cyanure de mercure; il peut s'y

trouver aussi, par quelques circonstances qu'on ne peut pas maîtriser, un peu d'acide hydro-chlorique, un peu de cyanogène. Mais, à l'aide de l'une des propriétés les plus remarquables du cyanure de chlore, qu'on ne lui soupçonnait pas, et que j'ai été assez heureux pour découvrir, nous pouvons l'avoir d'une pureté absolue; cette propriété est celle qu'il a de se solidifier et de cristalliser à une température de 18 degrés au-dessous de zéro. Reprenons sa préparation complètement.

On verse dans des flacons bouchés à l'émeri pleins de chlore, de la capacité d'un litre pour pouvoir les manier plus facilement, 5 à 6 grammes de cyanure de mercure pulvérisé; c'est la proportion de cyanure de mercure qui m'a paru la plus convenable pour chaque litre de chlore, afin que le premier soit en excès. Le cyanure de mercure étant introduit, on ajoute la petite quantité d'eau nécessaire pour le délayer. On porte les flacons dans l'obscurité; du jour au lendemain, en dix à douze heures, la décoloration est complète. L'action produite est facile à constater: il suffit de placer le flacon dans lequel on veut rendre évidente l'existence du cyanure de chlore au milieu d'un mélange frigorifique (2 parties et demie de glace pulvérisée et 1 partie de sel); le cyanure cristallise promptement. La conversion du cyanure de mercure en bi-chlorure est également démontrée de suite en versant un peu d'eau dans le flacon pour en dissoudre la matière solide; une portion de cette dissolution, traitée par une dissolution d'hydriodate de potasse, y produit de l'iodure rouge de mercure. On sait que le cyanure de mercure, dans le même cas, donne un composé différent.

Le cyanure de chlore étant cristallisé, et le flacon conti-

nuant d'être dans le mélange frigorifique, on y introduit par petites portions, afin de ne pas changer sensiblement la température, une quantité convenable de chlorure de calcium pour absorber l'eau; on ferme le flacon, dont on assujettit le bouchon, et on le retire pour l'abandonner à la température ordinaire; le cyanure de chlore reprend son état gazeux; on le laisse ainsi, pendant deux ou trois jours, soumis à l'action desséchante du chlorure de calcium.

Au bout de ce temps, on refroidit de nouveau le flacon pour faire cristalliser le cyanure de chlore. D'un autre côté, on a, dans un mélange frigorifique, un ou deux flacons contenant du mercure en quantité suffisante, ou un peu plus, pour remplir celui qui renferme le cyanure de chlore. Cette division du mercure en deux flacons n'a d'autre but que de pouvoir agir plus commodément. Les flacons étant reconnus, au moyen du thermomètre, aussi froids ou à peu près que le flacon du cyanure de chlore cristallisé, on verse le mercure dans celui-ci de manière à le remplir bien exactement. Tout gaz quelconque qui peut s'y trouver, on le conçoit, est déplacé par le mercure; le cyanure de chlore seul reste attaché aux parois du flacon, sur lesquelles on le voit avec toutes ses belles formes cristallines.

On arme alors le flacon d'un tube recourbé propre à recueillir les gaz, et on le sort du bain frigorifique. Il ne suffit pas de l'abandonner à la température ordinaire pour faire reprendre au cyanure de chlore la forme gazeuse; on attendrait trop long-temps. Il faut entourer le flacon avec précaution, à une certaine distance, de quelques charbons incandescents, et bientôt un mouvement très-vif d'ébullition se manifeste dans toutes les parties où se trouve le cyanure de

chlore solidifié; on le reçoit sous des cloches pleines de mercure, et dans cet état, on est sûr de sa pureté. La dilatation du mercure, dans le premier moment, remplit le tube chargé de conduire le gaz sous les cloches, expulse le peu d'air qu'il contient, ce qui indique que les premières portions doivent être rejetées, ou mieux reçues à part pour ne pas en être incommodé. Il faut avoir des cloches toutes prêtes pour remplacer sans interruption celles qui se remplissent, et éviter de rien répandre dans l'atmosphère. Le dégagement, une fois commencé, se poursuit très-rapidement.

Avant de parler des propriétés du cyanure de chlore, je vais faire connaître différentes circonstances qui font varier la nature des produits résultant de l'action du chlore, et sur le cyanure de mercure, et sur le cyanogène, et sur l'acide hydro-cyanique.

1° Nous savons déjà que le cyanure de mercure humecté et le chlore, dans l'obscurité, sont convertis entièrement en bi-chlorure de mercure et en cyanure de chlore; mais en exposant ces substances aux rayons d'un soleil ardent, il se forme en même temps du bi-chlorure de mercure, de l'hydrochlorate d'ammoniaque qui cristallise sur les parois du vase, une certaine quantité du liquide jaune déja nommé, des traces de cyanure de chlore et de l'acide carbonique.

Ces mêmes matériaux, parfaitement desséchés, mis à l'abri de la lumière, n'agissent pas l'un sur l'autre; mais si on les expose à un soleil vif, une action, quoique très-lente, a lieu dans l'espace de huit à dix jours; elle détermine toujours la formation du bi-chlorure de mercure, et celle du liquide jaune qui s'unit à la matière solide la lie et fait masse avec elle: en dissolvant celle-ci, le liquide jaune, plus dense que

la dissolution, se réunit dessous; on peut alors le séparer aisément.

La production d'hydro-chlorate d'ammoniaque et d'acide carbonique, dans le cas dont on vient de parler, est due vraisemblablement à l'élévation de température qui décide d'abord une formation d'acide hydro-chlorique, lequel agit sur le cyanure de mercure à la manière ordinaire; de là, de l'acide hydro-cyanique qui, uni à l'eau, éprouve avec elle une décomposition d'où résulte l'hydro-chlorate d'ammoniaque et l'acide carbonique.

Il est d'autant plus probable que l'élévation de température est la cause de cette réaction, que, si l'on chauffe seulement à 30 ou 40 degrés les flacons qu'on a soin d'envelopper pour les soustraire à la lumière, la décoloration est opérée en huit à dix minutes, et les résultats sont les mêmes. De plus, quand on met en contact du chlore et du cyanure de mercure humecté, opérant sur une masse un peu considérable, dans un ballon de cinq à six litres, comme je l'ai fait plusieurs fois, il y a, même dans une parfaite obscurité, un très-grand développement de chaleur sur le point où est le cyanure de mercure; et l'on voit encore, l'action étant terminée, des cristaux d'hydro-chlorate d'ammoniaque tapissant les parois du ballon : on n'obtient pas, dans ce cas, du cyanure de chlore proportionnellement à la masse des matières employées, mais seulement en raison de la quantité du cyanure de mercure qui reste inattaquée après l'abaissement de température qui a lieu successivement, et qui replace les substances réagissantes dans les conditions favorables à la production du cyanure de chlore.

Si le cyanure de mercure en contact avec le chlore, au lieu

d'être simplement humecté, est dissous dans une petite quantité d'eau, et qu'on expose le flacon qui les renferme au soleil, on a beaucoup de notre liquide jaune; conséquemment peu ou point de cyanure de chlore.

2° Du cyanogène et du chlore parfaitement secs; pas d'action notable, après un mois, ni dans l'obscurité ni à la lumière solaire. Ce même mélange, étant humide, donne, sous l'influence solaire, du liquide jaune, et quelquefois assez abondamment une matière blanche, très-solide, insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool et l'éther, d'une odeur aromatique particulière, très-différente de celle des chlorures et des hydro-chlorures de carbone.

3° De l'acide hydro-cyanique pur, obtenu par le procédé de M. Gay-Lussac, versé dans des flacons de chlore non desséché, placés immédiatement dans l'obscurité, donne lieu très-promptement à une vive action; il y a développement de chaleur, formation abondante d'un corps solide au milieu duquel on voit se dégager un gaz, lequel, examiné, s'est trouvé être de l'acide carbonique et de l'oxide de carbone, et le corps solide de l'hydro-chlorate d'ammoniaque; point de liquide jaune ni de cyanure de chlore.

D'autres fois, et je crois avoir reconnu que c'est lorsqu'il y a un grand excès de chlore, indépendamment du corps cristallisé soluble qui n'est produit alors qu'en petite quantité, on obtient beaucoup d'une autre matière également solide, blanche, d'une odeur piquante désagréable, laquelle matière, séparée, lavée et séchée, donne, par son exposition à l'air, des vapeurs piquantes d'acide hydro-chlorique; elle est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, et ne paraît pas être la même que celle provenant de l'action du chlore sur le cyanogène.

Enfin, de l'acide hydro-cyanique et du chlore exposés aux rayons solaires produisent du liquide jaune, et en même temps de l'hydro-chlorate d'ammoniaque.

Cette action du chlore sur l'acide hydro-cyanique et sur le cyanogène, qui donne naissance à ces matières solides jouissant de propriétés différentes, quoique très-probablement formées les unes et les autres de chlore et de carbone, ou d'hydrogène, demande à être suivie avec attention, afin de reconnaître positivement quelle est la nature de ces substances qui m'ont paru nouvelles, et apprécier, mieux que je ne l'ai pu jusqu'à présent, les circonstances qui en déterminent la formation ; c'est ce que je me propose de faire.

Je dois revenir à l'action du chlore sur la dissolution de cyanure de mercure sous l'influence solaire, et exposer avec détail les phénomènes très-remarquables auxquels cette action donne lieu.

Déja M. Gay-Lussac avait observé qu'il se formait, dans cette circonstance, des gouttelettes d'un liquide huileux ; mais cet objet, comme le précédent, n'étant qu'accessoire à son important travail sur l'acide hydro-cyanique, il ne s'y est pas arrêté, en sorte que ce corps n'a pas été isolé jusqu'à présent ; ses propriétés n'ont pas été décrites, ni sa nature déterminée. Je vais essayer de le faire.

Nous venons de voir que du chlore et du cyanure de mercure, tous deux parfaitement secs, exposés au soleil, dans un flacon bouché à l'émeri, n'agissaient l'un sur l'autre que très-lentement ; mais cependant que du liquide jaune s'y produisait. Il est essentiel de rappeler ce fait, afin d'écarter la pensée qu'on aurait naturellement que l'eau que je ferai intervenir a quelque part, par ses éléments, à la production

du liquide jaune; ce qui n'est pas, puisque nous pouvons l'obtenir hors de la présence du fluide aqueux qui ne joue d'autre rôle que celui de favoriser la réaction, et de s'opposer à l'élévation de la température.

On dissout le cyanure de mercure dans une petite quantité d'eau, 5 grammes de cyanure de mercure pour chaque litre de chlore; on le verse dans le flacon, qu'on rebouche aussitôt, et on l'expose au soleil. Au bout d'une ou deux heures, selon la vivacité des rayons solaires, on voit sur les parois des vases une multitude de gouttelettes qui coulent et viennent à la surface de la dissolution saline, s'y agitent avec quelques mouvements gyratoires, se rassemblent peu à peu, forment une lame très-légère, circonscrite, qui grossit successivement et tombe au fond, ayant l'aspect d'un liquide huileux, jaune-ambré.

La production de ce corps est absolument semblable à celle du chlorure d'azote qu'on obtient facilement en très-peu de temps, en tenant renversés des flacons de chlore sur une dissolution d'hydro-chlorate ou de nitrate d'ammoniaque.

La formation du liquide jaune peut aussi avoir lieu à la lumière ordinaire du jour; mais elle est beaucoup plus lente et moins abondante que sous l'influence des rayons du soleil; elle est, dans ce dernier cas, terminée en trois à quatre heures, ce qui est indiqué par la décoloration entière des flacons.

On sépare de la dissolution saline le corps jaune au moyen d'un entonnoir, pour le mettre dans des tubes sous l'eau distillée. Il s'exhale, pendant cette séparation, une odeur excessivement piquante, dont il faut se garantir, étant sus-

ceptible d'incommoder; elle est due à la plus ou moins grande quantité de cyanure de chlore qui est dans la dissolution, et à l'odeur particulière du corps jaune lui-même, qui est également piquante et forte, affectant aussi les yeux.

Le liquide jaune, immédiatement après avoir été formé, étant encore sous la dissolution saline qui a servi à sa préparation, se couvre de petites bulles d'un gaz qu'il est très-curieux d'observer; on voit ces bulles venir de tous les côtés, à la surface du liquide jaune, se réunir au point le plus élevé, au centre du globule aplati, en une seule bulle qui crève et bientôt est remplacée par une autre. Souvent ce gaz, que nous ferons connaître ailleurs, est comme emprisonné dans une enveloppe d'apparence membraneuse, et de laquelle il ne s'échappe qu'après l'avoir distendue jusqu'à une certaine élévation.

Le liquide jaune, abandonné à lui-même sous l'eau, est d'abord transparent, puis il devient opaque, présentant le même dégagement de gaz que nous venons d'observer sous la dissolution saline. Ce gaz, au bout de quelques jours, en s'élevant, entraîne avec lui des flocons d'une substance très-blanche qui surnage quelque temps l'eau et retombe. Cette substance, dont nous connaîtrons aussi la nature tout-à-l'heure, est produite en même temps que le gaz, et proportionnellement; le gaz y paraît enlacé, et ne s'en sépare qu'avec peine; ce qui doit faire croire que l'un et l'autre sont le résultat de la même action, et que leur production est simultanée. Je n'ai pu trouver aucune raison qui pût me faire supposer la préexistence de la matière blanche solide en dissolution dans le liquide jaune.

Quand on place du liquide jaune sous des cloches pleines

d'eau ou de mercure, et qu'on les chauffe, en arrivant graduellement au point de l'ébullition de l'eau sans dépasser ce terme, je parle pour le mercure, la production du gaz est très-rapide; c'est le moyen à employer pour l'avoir promptement. Le liquide jaune, abandonné à lui-même, donne également du gaz, comme on l'a vu plus haut; on peut le recueillir de la même manière sous des cloches d'eau ou de mercure, mais l'action se prolonge très-long-temps; il faut plus de vingt à vingt-cinq jours pour qu'elle soit achevée. Toutefois, que la réaction soit spontanée ou qu'on l'ait déterminée par la chaleur, la nature du gaz est la même; c'est un mélange d'azote et d'acide carbonique dont celui-ci fait assez exactement le quart. La partie des cloches occupée par les gaz, quand on a appliqué la chaleur, se trouve, après le refroidissement, tapissée d'une plus ou moins grande quantité de cristaux longs, transparents, d'une odeur très-piquante.

Le liquide jaune, étant soigneusement lavé, ne précipite pas par le nitrate d'argent, ne donne aucun signe d'acidité par le tournesol; mais, au bout d'un certain temps (quelques heures suffisent), la nouvelle eau sous laquelle il a séjourné précipite abondamment et rougit fortement par les mêmes réactifs; des bulles de gaz et des flocons de la même matière blanche se montrent de nouveau; et cette dernière est en quantité d'autant plus grande que le temps depuis le changement de l'eau a été plus long.

Le liquide jaune est insoluble dans l'eau; il se dissout très-bien dans l'alcool, d'où il est précipité par l'eau; il est alors décoloré et transformé en partie en matière blanche solide, d'une odeur camphrée, mais toujours piquante.

Il ne donne pas de vert, quoiqu'agité d'abord avec du

sulfate de fer, puis de la potasse, et enfin de l'acide hydrochlorique; coloration qu'on obtiendrait, et que nous verrons qu'on obtient en effet lorsqu'il y a du cyanure de chlore. L'odeur piquante du corps jaune, très-analogue à celle de ce dernier, pouvait faire présumer que ce corps jaune était lui-même du cyanure de chlore ou en contenait; mais on verra qu'elle appartient à un autre composé.

Du liquide jaune a été distillé sur du chlorure de calcium et du carbonate de chaux (des fragments de marbre). On s'est servi, pour cette opération, de deux petites cloches courbes, l'une faisant office de cornue et l'autre de récipient. En chauffant d'abord avec beaucoup de ménagement pour éviter que la matière ne soit projetée par le grand dégagement de gaz, il passe un liquide incolore d'une excessive acidité, d'une odeur très-piquante, qui se rend au fond du récipient (celui-ci étant bien refroidi), et plus tard une matière cristalline qui s'accumule et s'attache aux parois de ce même récipient au-dessus de la partie liquide; ces cristaux retiennent un peu du liquide blanc duquel dépend essentiellement leur odeur piquante : vers la fin de l'opération, du charbon se dépose sur le chlorure de calcium. En distillant plusieurs fois de la même manière le liquide blanc, il donne chaque fois une certaine quantité de ces cristaux qu'il tient en dissolution, et on peut, par cette distillation répétée, le séparer entièrement en liquide blanc extrêmement acide et piquant, en corps solide cristallisé, et en acide hydro-chlorique dont une partie est absorbée chaque fois par le marbre.

Il a été dit que l'odeur piquante de la substance cristallisée tenait à une certaine quantité du liquide blanc qui y

adhérait; ce qui le prouve, c'est qu'en lavant ces cristaux avec une eau contenant un peu de potasse, puis à l'eau pure, les pressant fortement après entre du papier joseph, ils cessent d'irriter les yeux, et ne conservent plus qu'une odeur très-prononcée, approchant beaucoup de celle du camphre.

Le corps cristallisé est, comme le liquide jaune, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, d'où il est aussi précipité par l'eau; chauffé fortement dans un tube de verre, il se sublime en majeure partie sans altération, une petite portion se décompose et du charbon est mis à nu.

En faisant passer sur de la tournure de cuivre chauffée au rouge une certaine quantité du corps cristallisé, on obtient du chlorure de cuivre et du charbon; un peu d'acide carbonique et d'hydrogène carboné a été recueilli. La présence de ces deux gaz dépend d'un peu d'eau qu'il est difficile d'enlever au corps cristallisé; mais on voit que leur formation ne peut tenir à l'existence d'hydrogène et d'oxigène comme faisant partie de ses éléments; aucune théorie, d'après les propriétés que nous avons reconnues, et au liquide jaune et au corps cristallisé, ne pourrait se concilier avec une telle supposition, puisqu'on ne peut admettre dans leur composition ni acide hydro-cyanique, ni acide cyanique, ni cyanure de chlore, ni acide chloroxicarbonique, la combinaison de ce dernier n'y étant aucunement probable. Tous ceux de ces corps qui nous sont connus ont une odeur analogue entre eux, même avec le chlorure d'azote; des méprises, à cet égard, pourraient avoir lieu si l'on voulait tirer des inductions de cette propriété physique.

Le liquide blanc, après avoir été distillé plusieurs fois sur du chlorure de calcium et du marbre, décomposé sur de la

tournure de cuivre, donne les mêmes produits que le corps cristallisé, mais beaucoup plus de chlorure de cuivre et d'hydrogène carboné; ce qui doit être, vu son association à une assez grande quantité d'acide hydro-chlorique.

Des faits ci-dessus exposés, voici les conséquences qu'on peut tirer sur la composition du liquide jaune : auparavant reproduisons en somme ses propriétés : il a une odeur piquante et tout à la fois aromatique particulière, qui irrite les yeux et provoque la toux; il est insoluble dans l'eau; il se dissout dans l'alcool, duquel il est séparé par l'eau; mis en contact avec ce dernier liquide, il ne donne d'abord aucun signe d'acidité; mais avec le temps il le convertit en acide hydro-chlorique très-concentré; dégageant en même temps de l'azote et de l'acide carbonique, dont la formation est accompagnée de celle d'une matière blanche, solide, volatile, susceptible de cristalliser, soluble aussi dans l'alcool et précipitable par l'eau; ayant une odeur de camphre; donnant dans sa décomposition du chlore et du carbone; caractères dont l'ensemble présente ceux attribués aux chlorures de carbone.

Le liquide jaune serait donc un mélange de proto-chlorure de carbone et de chlorure d'azote.

La dissolution de cyanure de mercure, exposée avec du chlore au soleil, se convertit successivement en bi-chlorure de mercure et en cyanure de chlore; mais à mesure que ce dernier est produit, du chlore non combiné est à son contact et réagit sur lui par l'influence solaire, partage les éléments du cyanogène, forme avec eux le chlorure d'azote et le chlorure de carbone; action très-probablement analogue à celle du chlore sur l'hydro-carbure de chlore qu'il trans-

forme, dans la même circonstance, en perchlorure de carbone et en acide hydro-chlorique.

Une dissolution de cyanure de chlore mise au soleil avec du chlore donne très-abondamment du liquide jaune.

Le liquide jaune, considéré comme un mélange de proto-chlorure de carbone et de chlorure d'azote, contient toujours une certaine quantité d'eau, puisque sa production a lieu sur ce liquide, dont il va ensuite occuper le fond ; du reste, lorsqu'il a été préparé avec les matériaux secs, il ne peut être séparé du bi-chlorure de mercure avec lequel il fait pâte que par l'intermède de l'eau : le chlorure d'azote qui s'y trouve, à peine formé, tend à se décomposer et détermine en même temps la décomposition de l'eau; l'hydrogène s'unit au chlore, forme l'acide hydro-chlorique qu'on y trouve en si grande quantité ; l'oxigène brûle une partie du carbone, du proto-chlorure le faisant ainsi passer à l'état de perchlorure dont la majeure partie reste dissoute dans l'acide hydro-chlorique, ou, pour mieux dire, dans le proto-chlorure non transformé en perchlorure, lequel est uni intimement avec l'acide hydro-chlorique, formant avec lui une espèce de corps gras, huileux, volatil, d'une odeur extrêmement piquante, qui tache le papier à la manière des huiles, et disparaît au bout de quelque temps sans laisser des traces de son contact.

Le liquide blanc huileux, laissé sous l'eau, dépose avec le temps des cristaux de perchlorure de carbone ; l'eau enlève une partie de l'acide qui les tenait en dissolution, et détermine la cristallisation; mais on ne parvient pas, ni par la distillation, même sur le marbre, ni par le contact avec la potasse, à enlever entièrement à ce liquide blanc son odeur piquante ; l'acide hydro-chlorique, auquel est due cette odeur,

est pour ainsi dire combiné avec lui de manière à en former un composé assez stable.

Maintenant comment admettre qu'un chlorure d'azote dont la décomposition s'opère si promptement et si violemment, soit par la chaleur (30 degrés suffisent), soit par le simple contact de certains corps, jouisse, dans ces mêmes circonstances, d'une certaine stabilité, et que sa décomposition puisse s'effectuer paisiblement sans la moindre manifestation de ses redoutables propriétés : son union intime avec le chlorure de carbone ne serait-elle pas la cause de ce changement, tout extraordinaire qu'il puisse paraître? Déja MM. Berzelius et Marcet ont observé que du sulfure de carbone mêlé au chlorure d'azote l'empêchait de détoner; ou bien notre chlorure d'azote serait-il une combinaison de chlore et d'azote particulière différente de celle découverte par M. Dulong.

Pour éclairer sur la première hypothèse, et voir jusqu'à quel point on pouvait s'y arrêter, j'ai préparé du chlorure d'azote à la manière ordinaire; je l'ai mêlé avec une petite quantité du liquide jaune; un fragment de phosphore projeté au milieu en a déterminé la décomposition sans aucune détonation; ce que j'ai répété plusieurs fois avec le même résultat. Cependant on ne peut pas comparer absolument cet effet à celui du phosphore mis en contact avec le liquide jaune seul; la décomposition est lente, et le chlorure de carbone reste avec son odeur piquante. Mais on doit encore tenir compte de la différence qu'il y a entre un simple mélange artificiel et celui qui s'est opéré à l'état naissant, atome à atome, ainsi que cela a lieu dans la formation du liquide jaune. D'ailleurs, c'est un fait que je devais faire connaître

sans prétendre qu'il soit suffisant pour mettre hors de doute l'identité.

Toutefois, aucune autre supposition ne coïncide mieux avec les faits, excepté celle d'un cyanure de chlore avec excès de chlore, lequel excès, combiné, en changerait entièrement les propriétés sans aucune ressemblance avec son congénère, puisque celui-ci est liquide, puisqu'il ne donne pas de vert, puisqu'il décompose l'eau, dont les éléments sont indispensables à la production des corps nouveaux dans lesquels se transforme le liquide jaune, puisqu'enfin il n'est pas, il s'en faut de beaucoup, aussi délétère; car un lapin, à qui on en a fait avaler une assez forte quantité, n'est mort que plusieurs heures après; tandis que le cyanure de chlore, comme on le verra plus bas, tue sur-le-champ à des doses infiniment petites.

Nous reprenons le cyanure de chlore, et nous arrivons à ses propriétés.

Le cyanure de chlore est solide à la température de 18 degrés au-dessous de zéro; il cristallise alors en très-longues aiguilles transparentes; dans cet état, il n'a pas de tension; on peut respirer aux goulots des flacons sans en être incommodé; il est liquide de 12 à 15 degrés au-dessous de zéro, ou sous une pression de quatre atmosphères, la moitié de la somme des atmosphères sous le poids desquelles ses éléments séparés se liquéfient, la température étant à 20+0; il peut conséquemment être gardé à l'état liquide dans un tube qu'on ferme à la lampe, pendant qu'on l'y maintient solide au moyen du bain frigorifique; dans sa liquidité, il est limpide et incolore comme l'eau; son odeur, déja observée par M. Gay-Lussac, est insupportable et excite le larmoiement.

Le cyanure de chlore est très-soluble dans l'eau et l'alcool; sous la pression ordinaire et à la température de 20+0, l'eau est susceptible d'en dissoudre vingt-cinq fois son volume, l'alcool cent fois, l'éther moitié moins; son absorption par l'alcool est presque aussi prompte que celle du gaz ammoniaque par l'eau.

Il peut rester en dissolution dans l'eau un temps très-long, probablement indéfiniment, sans éprouver d'altération notable; on peut le séparer de cette dissolution par l'ébullition; et c'est le moyen que j'ai presque toujours employé pour isoler celui dont j'avais besoin pour mes expériences; je m'y prenais ainsi :

La dissolution du bi-chlorure de mercure, résidu de la préparation du liquide jaune, contient toujours plus ou moins de cyanure de chlore. Ces dissolutions réunies sont soumises à l'ébullition dans un ballon qu'on met en communication d'abord avec un flacon contenant un mélange de chlorure de calcium et de marbre concassé, puis avec un tube horizontal un peu long, d'un assez fort diamètre, renfermant encore du chlorure de calcium; à celui-ci est adapté le tube ordinaire plus étroit, courbé à angle droit, qui se rend dans un flacon vide placé au milieu d'un mélange frigorifique. L'ébullition chasse le cyanure de chlore, qui, passant sur le chlorure de calcium et le marbre, se dépouille de son humidité et de l'acide hydro-chlorique s'il y en avait, et vient cristalliser. On a ainsi des masses de cristaux de cyanure de chlore, très-durs, susceptibles de se briser en les pressant avec un tube.

Si, lorsque le chlorure de cyanogène est cristallisé par le refroidissement, avant que de sortir du bain frigorifique le

vase qui le contient, on y verse une petite quantité d'eau, et qu'on le retire ensuite, la dissolution s'opère, l'eau se sature, et une très-grande quantité de chlorure de cyanogène se sépare sous forme d'un liquide transparent qui se place au-dessous de l'eau dont on a peine à le distinguer. Il se maintient dans cet état qui constitue probablement un hydrate, sous la pression et à la température ordinaires, et recouvert de la petite couche d'eau; mais sa conservation est illimitée en tenant le flacon bouché.

Le cyanure de chlore, privé de cyanogène et d'acide hydro-chlorique, ne précipite pas par le nitrate d'argent, ne rougit pas le papier de tournesol, et n'altère pas celui de curcuma, que l'on touche avec les papiers réactifs mouillés, le cyanure de chlore, soit en dissolution dans l'eau ou dans l'alcool, soit liquide ou gazeux. Il se produit quelquefois une altération sur le tournesol en prolongeant le contact, mais elle doit dépendre de l'alcali que contient cette substance. Il sera question tout-à-l'heure des changements que les alcalis font subir au cyanure de chlore.

Le papier de tournesol est aussi quelquefois rougi par le cyanure de chlore qui n'a pas été séparé et purifié par le moyen de la cristallisation; mais il revient à sa couleur primitive par son exposition à l'air: cette altération est due à la présence du cyanogène; comme d'autres fois elle est permanente, elle dépend alors de l'acide hydro-chlorique.

Les cyanures de chlore, de brome et d'iode sont des combinaisons bien stables, ne décomposant pas l'eau, quoiqu'en contact prolongé avec ce liquide. Cependant on remarque, après un temps très-long, dans les flacons contenant le cyanure d'iode cristallisé, une légère atmosphère violette. Il est

probable qu'il en sera de même pour le cyanure de chlore; quelques parties de chlore seront mises en liberté avec le temps, se mêleront avec le cyanure de chlore; ce qui pourrait induire en erreur dans l'examen de ses propriétés.

Le cyanure de chlore est très-caustique. Pendant mes expériences, j'ai éprouvé que son contact, même à l'état gazeux, avec la peau la plus légèrement entamée, était très-douloureux.

Il est aussi excessivement délétère. Cinq centilitres de ce gaz (à peu près 2 grains $\frac{1}{4}$) ont été dissous dans un peu d'eau; la moitié était à peine introduite, au moyen d'un entonnoir, dans l'œsophage d'un lapin, que l'animal n'a pu avaler le surplus, étant déja foudroyé par les premières portions.

La circonstance qui mettait, pour la première fois, du cyanure de chlore très-pur à notre disposition, devait nécessairement nous conduire à déterminer par l'expérience les proportions de ses éléments. J'ai employé le même moyen que M. Gay-Lussac a mis en usage pour cette même analyse, si habilement faite au milieu de toutes les difficultés que lui présentait un gaz impur; c'est en chauffant à la lampe à l'alcool de l'antimoine avec du cyanure de chlore, dans une cloche de verre sous le mercure. J'ai trouvé qu'après la formation du chlorure d'antimoine, l'absorption était exactement la moitié du volume total soumis à l'expérience, et le résidu gazeux du cyanogène pur. Telle est la composition que M. Gay-Lussac a établie par ses calculs aussi justes qu'ingénieux.

Le cyanure de chlore est donc formé de:

Chlore.....	1,215	1 atome;
Cyanogène....	0,901	1 atome.

Avant de terminer, je vais dire un mot de l'action de la potasse caustique sur les trois cyanures, et de la couleur verte qu'ils produisent avec le sulfate de fer.

Les cyanures de chlore, de brome et d'iode, éprouvent de la part des alcalis une action très-remarquable; elle a été signalée par M. Bertholet pour le cyanure de chlore, mais elle n'a été exactement constatée que par M. Gay-Lussac. J'ai reconnu qu'elle est absolument la même pour les trois cyanures, ce dont il était important de s'assurer.

En faisant passer une dissolution concentrée de l'un des trois cyanures précités sous une cloche pleine de mercure, y introduisant successivement une dissolution de potasse et un peu d'acide, l'action est très-vive; du gaz acide carbonique est produit très-abondamment; pas le moindre dégagement de gaz avant l'addition de l'acide. La dissolution, après ces dernières épreuves, traitée par un excès de chaux, laisse exhaler de l'ammoniaque.

La dissolution de cyanure de chlore, mêlée avec la potasse, du sulfate de fer et un acide, ne donne pas de vert. Mais si l'on commence par le sulfate de fer, puis la potasse, ensuite l'acide, la coloration en vert est produite. Cette belle et importante observation est encore due à M. Gay-Lussac.

J'obtiens le même résultat en traitant de la même manière le cyanure de brome.

Mais le cyanure d'iode, qui se comporte avec les alcalis comme les deux autres, présente cette différence avec le sulfate de fer, qu'il se colore en vert en le combinant directement avec la potasse, faisant suivre l'addition du sulfate de fer et celle de l'acide, ce que j'avais déja reconnu dans mon Mémoire sur le cyanure d'iode.

Résumé.

On voit, d'après ce qui précède, que l'acide chloro-cyanique est un cyanure de chlore qui vient prendre place à côté des cyanures de brome et d'iode, et occuper le premier rang dans cette série de corps bien caractérisés;

Que sa préparation, comme celle des deux autres, n'offre aucune difficulté; que tous les trois peuvent s'obtenir de la même manière en mettant en contact, à la température ordinaire (1), dans des flacons fermés, ou le chlore, ou le brome, ou l'iode, avec du cyanure de mercure humide et même dissous, en évitant la lumière pour le cyanure de chlore (2); que l'on peut séparer ces cyanures de leur dissolution aqueuse, dans laquelle ils n'éprouvent pas d'altération par l'ébullition, en donnant à l'appareil les dispositions convenables pour les dessécher, et les condenser sous forme de cristaux, au moyen du refroidissement très-différent qu'exige chacun de ces trois cyanures; et pour servir de règle à cet égard, nous redirons :

Le cyanure d'iode reste cristallisé jusqu'à 100 degrés au-dessus de zéro, terme après lequel il se vaporise entièrement; son passage de l'état solide à l'état liquide n'a pu être observé.

---

(1) On obtient très-bien le cyanure d'iode en abandonnant à la température ordinaire le mélange d'iode et de cyanure de mercure humecté et renfermé dans un flacon; mais l'action est lente; on peut la hâter par une légère chaleur.

(2) Je n'ai pas pu constater si le cyanure de brome ou le mélange de brome et de cyanure de mercure n'éprouvent pas, sous l'influence solaire, un changement analogue à celui qui subit, dans cette circonstance, la cyanure de chlore.

Le cyanure de brome reste solide et cristallisé à 16 degrés +0; lorsqu'il est bien sec, le point de l'échelle où il passe de l'état solide à l'état liquide ne peut être saisi.

Le cyanure de chlore reste solide et cristallisé à 18—0; il est liquide de 12 à 15—0, ou bien sous une pression de quatre atmosphères, la température étant à 20+0, pouvant alors être renfermé dans des tubes qu'on scelle à la lampe; il est gazeux à 12—0.

Ces trois cyanures sont susceptibles de retenir de l'eau de cristallisation, laquelle fait varier le terme de leur solidification qui peut s'opérer, lorsqu'ils sont humides, à une température plus élevée.

Ils affectent tous trois la même forme cristalline, celle de longs prismes transparents; seulement le cyanure de brome, abandonné à lui-même, éprouve un changement; les longues aiguilles sous lesquelles il se montre dès les premiers moments de sa préparation, se convertissent en cubes qui, vu la grande volatilité de ce corps, se fixent et se groupent, souvent du jour au lendemain, vers le point du vase qui, par sa position ou par une circonstance quelconque, est le plus froid.

On voit enfin que le cyanure de mercure avec le chlore donnent des produits différents selon que l'action qu'ils exercent l'un sur l'autre a lieu dans l'obscurité ou à la lumière solaire; que, dans le premier cas, s'ils sont humides, ils se transforment en totalité en cyanure de chlore et en bi-chlorure de mercure; que, dans le second, si le cyanure de mercure est dissous, et selon la plus ou moins grande vivacité des rayons solaires, on a, s'ils sont très-intenses, peu de cyanure de chlore, et beaucoup proportionnellement d'un

liquide jaune considéré comme un mélange de chlorure, d'azote et de proto-chlorure de carbone; que ce liquide peut être converti entièrement, par des distillations répétées sur du marbre, en azote et acide carbonique, en perchlorure de carbone, en proto-chlorure de carbone et en acide hydro-chlorique, dont une partie reste combinée avec ce dernier, formant avec lui un corps oléagineux, incolore, très-piquant, surnageant souvent l'eau, en raison de son union à de l'acide hydro-chlorique qui diminue sa pesanteur spécifique, étant soluble dans l'alcool comme le perchlorure, de laquelle dissolutions il est précipité également comme lui par l'eau.

En finissant, j'ai l'honneur de faire observer à l'Académie, ainsi que je l'ai déja fait à l'occasion de mes Mémoires sur les cyanures de brome et d'iode, que l'étude de ce genre de corps présente beaucoup de difficultés, parce qu'ils sont très-volatils, parce qu'ils sont excessivement délétères, et que de telles recherches ne peuvent être suivies avec toute la persévérance qu'elles exigent sans de graves inconvénients pour la santé. Ma remarque n'a point pour objet de relever aux yeux de l'Académie le mérite de mon travail, mais seulement pour appeler son indulgence sur ce qui peut y manquer, sur ce que je reconnais moi-même y manquer.

MÉMOIRE

SUR

LE BROMURE DE SÉLÉNIUM.

PAR M. SÉRULLAS.

Lu à l'Académie royale des Sciences, le 16 juillet 1827.

Le sélénium se combine au brome en beaucoup de proportions; cependant j'ai cru remarquer que 5 parties de brome sur 1 partie de sélénium donnaient un composé plus stable.

On verse le brome sur le sélénium en poudre contenu dans un tube de verre un peu large, afin que le sélénium présente plus de surface. La combinaison s'opère vivement avec un bruit semblable à celui produit par l'immersion d'un fer rougi dans l'eau; il y a développement de beaucoup de chaleur; tout est solidifié à l'instant. On réussit également en versant le sélénium sur le brome.

Le bromure de sélénium a l'aspect rouge-brun du phosphure d'iode, et quelques parties sont jaunâtres comme le chlorure d'iode; il répand des vapeurs à l'air, en exhalant une odeur tout-à-fait analogue à celle du chlorure de soufre.

L'eau le dissout entièrement, sauf quelques flocons de sélénium qui se précipitent. La liqueur filtrée est incolore quand il n'y a pas de brome libre; elle est fortement acide,

et ne contient que de l'acide sélénique et de l'acide hydro-bromique.

Cette dissolution de bromure de sélénium, saturée par la potasse, donne par l'évaporation un mélange cristallisé des deux sels, séléniate et hydro-bromate; en y versant, soit avant sa saturation par la potasse, soit après, de l'acide hydro-chlorique, le sélénium se précipite en flocons d'un beau rouge de kermès.

Quand on tient plongée dans la dissolution de bromure de sélénium une lame de fer ou de zinc, elle donne lieu à une action assez vive, surtout avec le zinc : de l'hydrogène se dégage abondamment, du sélénium recouvre en masse la lame métallique, y adhère à la manière d'un métal précipité de sa dissolution par un autre; en agitant, on détache le sélénium, ainsi qu'une multitude de bulles du gaz qui y sont également retenues. Le sélénium étant séparé par la filtration, on peut, par le moyen ordinaire, par le carbonate de potasse, transformer l'hydro-bromate de zinc en oxide de zinc qui se sépare, et en hydro-bromate de potasse qui reste en dissolution.

Cette action du zinc ou du fer, dans la dissolution du bromure de sélénium, est la même que celle observée dans le contact de l'un ou l'autre de ces métaux avec l'acide sélénique, dans lequel de l'acide hydro-chlorique a été ajouté.

La désoxigénation du sélénium est opérée; de l'hydrogène est mis en liberté par suite de la décomposition de l'eau. Ne serait-ce qu'une partie de celui-ci, l'autre serait-elle employée à la réduction de l'acide sélénique? Ou bien y aurait-il, comme pour les métaux, formation d'un élément de la pile? Une très-légère odeur de chou pourri s'y fait sentir, caractère attribué à l'oxide de sélénium.

En chauffant fortement le bromure de sélénium, une partie se volatilise et se condense en prenant un aspect jaune, l'autre se décompose en brome et en sélénium.

Le défaut de matériaux ne m'a pas permis de donner plus d'extension à l'étude de ce nouveau composé.

MÉMOIRE

SUR

Un nouveau composé de chlore et de cyanogène, ou perchlorure de cyanogène ; acide cyanique.

PERCHLORURE DE CYANOGÈNE.

MM. Gay-Lussac, Dulong et Chevreul, en rendant compte d'un Mémoire que j'eus l'honneur de lire à l'Académie, en juillet dernier (1), observèrent avec raison que le nom que je donnai au composé de chlore et de cyanogène qui faisait le sujet de ce Mémoire, s'écartait des règles de la nomenclature d'après lesquelles l'élément électro-négatif d'un composé doit être nommé le premier. Le chlore, relativement au cyanogène, étant dans ce cas, il était convenable de placer, dans leur union, le mot *chlore* avant celui de *cyanogène.*

L'un des deux corps nouveaux sur lesquels je vais donner des détails étant formé des mêmes éléments, mais en d'autres proportions que celui qui a fait l'objet de la remarque de MM. les commissaires, me fournit l'occasion de mettre à profit leur observation; en conséquence je le désignerai

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXV.

sous le nom de *perchlorure de cyanogène*. Cette rectification devra s'étendre aux composés analogues d'iode et de brome que j'ai fait connaître sous les noms de *cyanure d'iode* et de *cyanure de brome*.

Dans le Mémoire que je viens de rappeler, j'ai signalé, en passant, l'action réciproque du chlore et de l'acide hydro-cyanique, qui donne naissance à des produits variés, selon qu'on y fait intervenir de l'eau ou du chlore en excès; j'ai particulièrement arrêté mon attention sur le corps solide qui résulte du contact de l'acide hydro-cyanique et du chlore secs, corps dont j'ai déja décrit, dans le Mémoire cité, plusieurs propriétés physiques, me réservant alors de revenir plus tard sur sa nature.

On obtient la nouvelle substance en versant, dans un flacon plein de chlore sec, de l'acide hydro-cyanique pur préparé par le procédé de M. Gay-Lussac (1). La quantité d'acide hydro-cyanique anhydre, calculée d'après les éléments réagissants, nécessaire pour convertir un litre de chlore en acide hydro-chlorique et en perchlorure de cyanogène, est de $0^{s},82$. En effet, on réussit toujours en employant pour les flacons dits d'un litre, mais qui contiennent un peu plus, un gramme d'acide hydro-cyanique.

Dès que le chlore et l'acide hydro-cyanique sont en contact, le flacon exposé à la lumière étant fermé et le bouchon assujetti, l'acide hydro-cyanique est gazéifié; la couleur

(1) Il faut avoir l'attention, en introduisant l'acide hydro-cyanique, de tenir les flacons enveloppés d'un linge, parce qu'il est arrivé quelquefois qu'en le fermant ils se sont brisés avec une certaine explosion.

disparaît successivement, et l'on voit, en quelques heures, sur les parois du vase, un liquide incolore, ayant l'apparence de l'eau, qui s'épaissit peu à peu, et finit par se solidifier sous forme d'une matière blanche, adhérente aux parois des vases, et mêlée de cristaux brillants semblables et de même nature que ceux que nous obtiendrons par la sublimation de la matière blanche, comme on le verra plus tard.

Il est probable que les trois composés de chlore et de cyanogène, gazeux, liquide et solide, se forment successivement dans cette circonstance, et qu'ils peuvent se trouver dans les flacons tous trois ensemble; ceci importe peu pour la pureté du perchlorure : en effet, comme il est bien moins volatil que les autres, on conçoit que, par la distillation qu'on doit lui faire subir, le plus volatil passe à la première chaleur, et qu'il suffira de s'abstenir de le recueillir; le gazeux s'échappe spontanément.

Après vingt-quatre heures, la majeure partie du perchlorure est formée. On le voit par la solidification plus ou moins avancée de la matière; mais il faut attendre plusieurs jours pour laisser compléter l'action. Alors on ouvre les flacons; on chasse le gaz acide hydrochlorique au moyen du vent d'un soufflet; on y introduit une petite quantité d'eau et un assez grand nombre de fragments de verre, afin de détacher par l'agitation et le frottement la matière, que l'on verse dans une capsule pour la séparer des fragments de verre; on la divise avec un tube, et on la lave à plusieurs reprises sur un filtre, jusqu'à ce que l'eau de lavage ne rougisse plus le tournesol et ne précipite plus par le nitrate d'argent.

Ces eaux de lavage sont mises à part pour être utilisées plus tard.

La matière, ainsi lavée, doit être pressée et légèrement chauffée entre du papier joseph, jusqu'à ce qu'elle soit parfaitement sèche et réduite sous forme de poudre blanche; on l'introduit alors dans une petite cornue; on chauffe jusqu'à ce qu'elle soit en fusion et en ébullition; elle se distille sous forme d'un liquide incolore et transparent, et vient se cristalliser dans le col de la cornue ou dans le récipient, qu'on a soin de tenir froid par un linge mouillé. Pour l'avoir bien pure, il faut la distiller une seconde fois.

Si les matériaux employés contiennent de l'eau, on a, comme je l'ai déja dit, au lieu de l'acide hydro-chlorique et du perchlorure de cyanogène, de l'hydro-chlorate et de l'hydro-cyanate d'ammoniaque et de l'acide carbonique.

Quand encore on emploie un excès d'acide hydro-cyanique relativement au chlore, tout n'en est pas moins absorbé; on a un liquide plus ou moins visqueux, plus ou moins jaune, qui, lorsqu'il y a un grand excès d'acide hydro-cyanique, par exemple, le double et même le triple de la quantité précédemment fixée, devient très-solide, transparent, semblable à une laque couleur rouge-hyacinthe. Mais, quand on ouvre le flacon, la matière, par son exposition à l'air, abandonne l'excès d'acide hydro-cyanique, avec un mouvement d'ébullition; elle devient blanche et passe à l'état de perchlorure. On obtient encore ce dernier résultat en faisant arriver du chlore dans le flacon contenant le composé visqueux ou solide et le fermant. L'absorption du chlore qui se fait lentement complète les proportions qui manquaient au composé pour se constituer perchlorure.

En exposant aux rayons solaires un flacon renfermant du cyanure de mercure très-légèrement humecté et du chlore

en excès, il se produit aussi du perchlorure de cyanogène. On dissout avec de l'eau le bi-chlorure de mercure qui se forme en même temps, et le perchlorure de cyanogène se trouve isolé. Mais ce moyen est peu sûr : les produits sont variables, attendu qu'on ne peut maîtriser avec l'eau les circonstances susceptibles de donner constamment et uniquement du perchlorure de cyanogène.

En mettant en contact de l'acide hydro-cyanique avec du brome en excès, c'est-à-dire trois parties de brome en poids pour une d'acide hydro-cyanique, on obtient un composé de brome et de cyanogène solide, différent de celui que j'ai fait connaître dans le temps. Ce dernier, qui a une odeur de souris, sera probablement analogue au perchlorure de cyanogène.

Le perchlorure de cyanogène lavé, bien desséché, puis distillé, comme on l'a dit, est d'une blancheur éclatante; il cristallise en aiguilles; son odeur piquante excite le larmoiement, surtout quand on le chauffe; elle a quelque chose de celle du chlore, mais son analogie avec l'odeur de souris est très-frappante; sa saveur, comme il est peu soluble, est légèrement piquante et rappelle son odeur. Sa pesanteur spécifique est d'environ 1,320; le terme de sa fusion est à 140 degrés, et celui de son ébullition à 190. Quand il n'a pas été distillé et qu'il est renfermé, il répand, après un certain temps, des vapeurs d'acide hydro-chlorique lorsqu'on ouvre le flacon; ce qui doit dépendre de la décomposition successive d'une certaine quantite d'eau qu'il a pu retenir (1).

(1) Dans le cas encore ou, pendant la dessiccation première du perchlorure de cyanogène, une portion agirait sur l'eau, et se convertirait, ainsi

Le perchlorure de cyanogène, qui nous fournit un nouvel exemple d'un corps solide formé par deux gaz, est très-peu soluble dans l'eau froide; il l'est beaucoup plus dans l'eau chaude, et sa décomposition s'ensuit bientôt; l'alcool et l'éther le dissolvent bien; l'eau le sépare de ces dissolutions.

En contact prolongé avec l'eau, à la température ordinaire, il la décompose lentement; et ce liquide s'acidifie toujours de plus en plus. Par une ébullition un peu soutenue, tout le perchlorure disparaît; il n'y a aucun dégagement de gaz, mais production d'acide hydro-chlorique et d'acide cyanique, qui, dans ce cas, doit être formé de 1 atome de cyanogène et de 2 atomes d'oxigène.

L'action du perchlorure de cyanogène sur l'économie animale est très-délétère; un grain dissous dans l'alcool et introduit dans l'œsophage d'un lapin l'a tué à l'instant.

30 grammes d'eau, dans lesquels avait été mis et agité un autre grain, ont été filtrés pour en séparer la majeure partie du perchlorure non dissous; cette eau a suffi pour faire mourir en vingt-cinq minutes un autre lapin auquel on l'a fait avaler.

La dissolution aqueuse du perchlorure de cyanogène, traitée par la potasse, donne, étant évaporée, un résidu salin d'hydro-chlorate de potasse et de cyanate de la même base, très-faciles à séparer l'un de l'autre par la cristallisa-

---

que cela doit être, en acide hydro-chlorique et en acide cyanique, quand on distille ensuite le perchlorure, l'acide hydro-chlorique se volatilise d'abord, et l'acide cyanique, qui exige plus de 350 degrés pour se sublimer, reste; le perchlorure, qui bout à 190, s'en sépare.

tion, le cyanate étant beaucoup moins soluble que l'hydrochlorate.

Si l'on traite cette même dissolution, mélange d'acide hydro-chlorique et d'acide cyanique, par le nitrate d'argent, il se forme un précipité de chlorure d'argent, et le cyanate d'argent, en plus grande partie, reste en dissolution à la faveur de l'acide nitrique mis en liberté; mais, en saturant avec précaution par l'ammoniaque, le chlorure se dissout, le cyanate se précipite, et ce précipité est susceptible de disparaître en ajoutant un grand excès d'ammoniaque, parce que le cyanate d'argent est alors décomposé; il se forme un cyanate d'ammoniaque, et l'oxide d'argent reste en dissolution dans l'excès d'ammoniaque.

Le potassium se combine assez promptement au perchlorure de cyanogène; en mêlant ces deux substances ensemble avec un tube de verre, il y a inflammation; du chlorure et du cyanure de potassium se forment; le dernier étant mis en évidence par le bleu qu'y produit une addition de sulfate de fer et d'un acide, et l'autre, par le précipité qu'y détermine le nitrate d'argent.

Pour reconnaître les proportions des éléments du perchlorure de cyanogène, il a été fait plusieurs expériences, soit en le décomposant par les alcalis, soit par l'oxide de cuivre.

1^re^ *Expérience.* $0^{g},1$, traité par la potasse caustique en dissolution concentrée, puis chauffé avec excès d'acide nitrique, a donné, par le nitrate d'argent :

Chlorure d'argent $0^{g},308$ = chlore 0,07520.

Le calcul donne, dans la supposition de deux atomes de

chlore :

Chlorure d'argent $0^{g},298$ = chlore 0,07346.

2^me^ *Expérience.* $0^{g},15$, traité de la même manière, a fourni :

Chlorure d'argent $0^{g},447$ = chlore 0,1102.

Le calcul donne très-exactement les mêmes chiffres.

Une troisième expérience a présenté les mêmes résultats.

Dans la première expérience, l'excès de poids dépend d'un peu de silice enlevé par la potasse aux capsules dans lesquelles on a chauffé.

Dans les autres expériences, le chlorure d'argent obtenu, étant bien lavé, a été redissous dans l'ammoniaque, et, après un certain temps d'évaporation, précipité de nouveau par l'acide nitrique, puis lavé et séché jusqu'à cessation de diminution de poids, comme dans la première expérience.

4^me^ *Expérience.* $0^{g},530$, traités par l'ammoniaque en très-grand excès, à chaud, dans un matras à long col, ensuite par le nitrate d'argent et l'acide nitrique, ont donné :

Chlorure d'argent $1^{g},520$ = chlore 0,3747.

Ils auraient dû fournir :

Chlorure d'argent $1^{g},5815$ = chlore 0,3902.

Deux décompositions ont été faites à la manière ordinaire, l'oxide de cuivre étant mêlé de tournure de ce métal dont une petite colonne terminait la charge; $0^{g},1$ employé dans chaque expérience a produit, sous la pression et la température ordinaire :

1re *Exp.* Acide carbonique..... $0^{lit.},03047$.

Azote..... $0,01202$.

2me *Exp.* Acide carbonique..... $0,03050$.

Azote..... $0,01320$.

Ces quantités de gaz ont été établies d'après la disparition des volumes obtenue par la potasse, et sur le calcul des différences de pression et de température observées durant l'expérience.

Le calcul donne :

Acide carbonique..... $0^{lit.},0226$.

Azote..... $0,0113$.

L'analyse par l'oxide de cuivre présente des différences assez notables dans les quantités d'acide carbonique et d'azote comparées à celles du calcul; mais il doit y avoir plusieurs causes d'erreur, entre autres la production évidente de gaz rutilant dans chaque expérience, ce qu'on n'a pu éviter, malgré les quantités considérables d'oxide de cuivre et de tournure de ce métal que le gaz avaient à traverser; en sorte que ce moyen ne permettrait pas d'évaluer les proportions, si nous n'avions pas la coïncidence avec deux atomes de chlore qu'on trouve dans les quantités de chlorure d'argent résultant de l'action successive de la potasse et du nitrate d'argent sur le perchlorure de cyanogène.

Le calcul donne, pour chaque gramme de ce corps décomposé par l'oxide de cuivre et l'argent, en y supposant 1 atome de cyanogène et 2 atomes de chlore :

	Volume.		Poids.
Acide carbonique.	0,02260	= carbone.	0,01225.
Azote.....	0,01133	= azote....	0,01429.
	Poids.		
Chlorure d'argent.	0,2980	= chlore..	0,07346.
			0,1000.

Le perchlorure de cyanogène sera donc formé de :

Chlore.....	0,7346 = 2 atomes.
Cyanogène.....	0,2654 = 1 atome.

Acide cyanique.

Avant de parler de l'acide cyanique, je dois rappeler très-brièvement ce qui a été dit à ce sujet par plusieurs chimistes.

M. Vauquelin (1), en étudiant les changements que le cyanogène subit dans l'eau, est arrivé à ces conséquences, entre autres, que ce corps décomposait l'eau, et qu'il en résultait de l'acide carbonique, de l'acide hydro-cyanique, une matière charbonneuse, de l'ammoniaque et un acide particulier qu'il proposait de désigner sous le nom d'*acide cyanique*, lequel, saturant l'ammoniaque concurremment avec les autres acides, formait un sel ammoniacal soluble.

2° Que les alcalis faisaient éprouver au cyanogène une altération semblable à la précédente, c'est-à-dire qu'ils déterminaient la formation d'acides hydro-cyanique, carbonique, et vraisemblablement d'acide cyanique, de la matière charbonneuse et de l'ammoniaque, qui alors devenait libre par la présence des autres alcalis.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. IX, p. 113, et t. XXII, p. 132.

M. Wöhler (1) fit des observations analogues sur l'acide particulier qui se forme lorsqu'on combine le cyanogène avec les alcalis; mais il ne parvint point à isoler cet acide qu'il appela *cyanique*, sa décomposition s'opérant avec promptitude en soumettant les composés qui le contiennent à l'action d'un acide ou à l'ébullition dans l'eau.

Plus tard, M. Liebig (2), en cherchant à connaître la nature de l'argent et du mercure fulminans, crut pouvoir établir que ces composés étaient constitués d'un acide solide, très-soluble dans l'eau bouillante, cristallisant par le refroidissement, lequel acide, qu'il appelle *fulminique*, serait formé des éléments du cyanogène, d'oxigène et d'un oxide métallique, analogue en cela à l'acide hydro-ferro-cyanique, et serait susceptible de se combiner aux oxides pour produire des sels fulminans.

Peu après, le même chimiste et M. Gay-Lussac (3) analysèrent l'argent fulminant, et déduisirent des nombreuses et importantes expériences qu'ils firent, que ce composé contenait un acide particulier (acide fulminique ou cyanique), formé de 1 atome de cyanogène et de 1 atome d'oxigène, toujours uni à une certaine quantité d'un oxide métallique.

M. Wöhler (4) vient de s'occuper de nouveau de cet objet; il désigne sous le nom d'*acide cyanique* l'acide qu'il obtient en combinaison avec la potasse, quand il traite par la chaleur, avec les précautions indiquées, un mélange de parties

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XX, p. 353.
(2) *Ibidem*, tome XXIV, page 294.
(3) *Ibidem*, tome XXV, page 285.
(4) *Ibidem*, tome XXVII, page 196.

égales de ferro-cyanure de potassium, et de peroxide de manganèse. Il considère cet acide, qu'il n'a pas non plus isolé, d'après l'analyse qu'il en a faite dans ses composés, comme formé de 1 atome de cyanogène et 1 atome d'oxigène.

M. Liebig (1), en répétant cette dernière expérience, a trouvé que l'acide cyanique de M. Wöhler était moins oxigéné; qu'il contenait seulement 2 atomes de cyanure et 3 atomes d'oxigène; qu'on devait le regarder comme de l'acide cyaneux.

Enfin M. Wöhler (2), ayant combiné son acide cyanique avec l'ammoniaque, a produit de l'urée tout-à-fait identique avec celle qu'on extrait de l'urine.

Ce court exposé montrera que l'acide cyanique que je vais faire connaître, ne présente point dans ses combinaisons les mêmes propriétés que celui annoncé par les chimistes que je viens de citer, et qu'il doit nécessairement exister plusieurs composés de cyanogène et d'oxigène, dont la constitution trop mobile ne permettra peut-être pas qu'on les isole.

On a vu précédemment que, parmi les propriétés qui caractérisent le perchlorure de cyanogène, l'une des plus remarquables est celle qu'il a de décomposer l'eau en produisant de l'acide hydro-chlorique et de l'acide cyanique.

Tout ce que nous savions jusqu'alors de l'acide cyanique devait faire croire que ses éléments étaient peu stables, et qu'il ne pouvait exister qu'en combinaison.

Toutefois, ayant découvert sa formation dans la nouvelle circonstance dont je viens de parler, je dus naturellement

---

(1) *Annales de la Chimie et de Physique*, tome XXXI, page 334.

(2) *Ibidem*, tome XXXVII, page 33.

chercher à le séparer de l'acide hydro-chlorique avec lequel il s'y trouve mêlé. Mais, dans la crainte de la réaction d'un hydracide sur un oxacide, je n'osai pas d'abord employer l'évaporation, et je cherchai à le retirer à l'état de combinaison en saturant le liquide par différentes bases, comme on a vu que je l'ai fait précédemment, à l'occasion de l'action de la potasse sur la dissolution du perchlorure de cyanogène. Le succès que j'eus dans ces premières tentatives qui me montrèrent deux sels distincts bien caractérisés, me fit soupçonner que les éléments de cet acide étaient plus fortement liés qu'on ne l'avait pensé. Je fus surtout fortifié dans cette façon de voir en observant le peu de solubilité du sel neutre et acide qu'il formait avec la potasse.

J'allai plus loin : en voyant cette tendance de l'acide cyanique à donner naissance à un sel acide et peu soluble, je tirai la conséquence que, dans son état naturel, il devait être solide, parce que depuis long-temps j'ai la pensée qu'il n'y a que les acides susceptibles de se solidifier qui ont la propriété de former des sels acides stables, tels que tartrates, oxalates, phosphates, iodates. (La potasse forme, avec l'acide iodique, un iodate acide que j'ai décrit) (1).

Ma conjecture s'est ici entièrement vérifiée.

L'acide cyanique est solide, d'une grande blancheur; quand il est en dissolution rapprochée, il cristallise en rhombes brillants, transparents, et en aiguilles déliées par la sublimation; quoique peu soluble et conséquemment sans saveur bien marquée, il rougit le papier de tournesol, et assez fortement

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXII, p. 179.

lorsqu'il est en dissolution chaude et concentrée; sa densité est un peu moindre que celle de l'acide sulfurique, dans lequel il reste en suspension, et s'y précipite pour peu qu'il soit étendu.

Il se volatilise un peu au-dessus du terme de l'ébullition du mercure; chauffé fortement, une portion se décompose laissant du charbon à nu; s'il n'est pas bien desséché, il se produit de l'ammoniaque et de l'acide carbonique en quantités proportionnelles à l'humidité qu'il peut contenir.

L'acide nitrique n'a pas la plus petite action sur l'acide cyanique, ni à froid, ni à chaud; il s'y dissout par la chaleur; soumis à l'ébullition deux ou trois fois jusqu'à disparition complète de l'acide nitrique qui s'est opérée sans dégagement d'acide nitreux, l'acide cyanique est resté sans la moindre altération, parfaitement cristallisé en lames de la plus grande blancheur.

Soumis également à l'ébullition dans l'acide sulfurique concentré, il s'y dissout encore; point de dégagement de gaz, ni d'acide sulfureux, ni de charbon mis à nu; l'acide sulfurique, qui conserve sa blancheur, étant étendu d'une certaine quantité d'eau, laisse précipiter l'acide cyanique.

Ces deux expériences sont bien remarquables comme preuves de la stabilité de l'acide cyanique.

Mis en contact avec le potassium, il s'y combine, forme de la potasse et un cyanure de potassium, qui donne du bleu avec le sulfate de fer et un acide.

L'acide cyanique s'unit aux bases, produit des sels dont quelques-uns sont parfaitement caractérisés par leurs formes cristallines et par des propriétés chimiques intéressantes.

Il ne paraît pas avoir d'action prononcée sur l'économie

animale : un et deux grains ont été délayés dans un peu d'eau et introduits dans l'œsophage de deux lapins ; ils n'en ont pas éprouvé d'effets marqués.

On obtient l'acide cyanique en soumettant à une légère ébullition du perchlorure de cyanogène dans beaucoup d'eau. Comme une partie se volatilise avec la vapeur d'eau avant sa conversion en acides hydro-chlorique et cyanique, on emploie d'abord un ballon à long col, afin de condenser ce qui peut être volatilisé et le faire retomber, par l'agitation, jusqu'à disparition entière du corps et de l'odeur qui lui est propre. Le liquide étant alors un mélange d'acide hydro-chlorique et cyanique, on évapore doucement dans une capsule de porcelaine, presque jusqu'à siccité, pour expulser la majeure partie de l'acide hydro-chlorique. On voit, dès les premiers moments de l'évaporation, l'acide cyanique se cristalliser au milieu de l'acide hydro-chlorique. On lave l'acide cyanique sur le filtre à plusieurs reprises, en employant peu d'eau froide à la fois, afin d'enlever les dernières portions d'acide hydro-chlorique, jusqu'à ce que l'eau de lavage ne donne plus, par le nitrate d'argent, qu'un léger précipité soluble dans l'acide nitrique et insoluble dans l'ammoniaque, non en excès, qui, au contraire, augmente le précipité.

On redissout à chaud dans l'eau, on filtre, on évapore jusqu'à un certain point ; par le refroidissement, l'acide cyanique se sépare sous forme de petits cristaux rhomboïdaux, transparents, très-purs, susceptibles de s'effleurir à l'air.

On avait d'abord pu croire que ce corps cristallin était du cyanate d'ammoniaque qui se formait au milieu de

l'acide hydro-chlorique, plutôt que de l'hydro-chlorate d'ammoniaque, celui-ci étant plus soluble que l'autre; mais les expériences auxquelles il a été soumis ont démontré que c'est bien de l'acide cyanique pur, pourvu que l'évaporation n'ait pas été poussée trop loin, cas dans lequel on aurait les produits que nous avons dit résulter de sa décomposition par suite d'une forte chaleur et de la présence de l'eau.

On peut séparer l'acide cyanique de sa combinaison avec la baryte, en traitant le cyanate de baryte par l'acide sulfurique, comme cela se pratique pour d'autres acides.

Les eaux qui ont servi au lavage du perchlorure de cyanogène, mises de côté, contiennent de l'acide hydro-chlorique, de l'acide cyanique, un peu de perchlorure de cyanogène, et d'un corps jaune huileux, probablement le même que celui dont nous nous occuperons plus tard. Il faut évaporer ces eaux à siccité; le résidu jaunâtre, qui est de l'acide cyanique, embarrassé par cette matière grasse jaune, doit être chauffé légèrement avec de l'alcool concentré, qui dissout la matière colorante sans toucher à l'acide cyanique, que l'on chauffe ensuite dans une certaine quantité d'eau pour la filtrer bouillante.

Cet acide, quoique bien cristallisé en cristaux prismatiques, est encore jaunâtre; mais la stabilité de l'acide cyanique est telle, comme on l'a vu, qu'on peut le blanchir parfaitement en le faisant bouillir deux ou trois fois avec de l'acide nitrique; évaporant à siccité avec précaution, jusqu'à l'expulsion entière de l'acide nitrique; dissolvant dans l'eau chaude et filtrant; par le refroidissement les cristaux qui se forment reprennent leur type rhomboïdal. C'est le meilleur

moyen; on peut l'employer directement sans celui de l'alcool.

L'analyse de l'acide cyanique a confirmé très-rigoureusement sa composition présumée d'après la composition même du perchlorure de cyanogène qui lui donne naissance.

1re *Expérience.* 0g, 1 d'acide cyanique, traité par l'oxide de cuivre et de la tournure de ce métal dans l'appareil ordinaire, ont donné :

La température ramenée à zéro et la pression à 0mèt.,76.

	Cent. cubes.
Gaz acide carbonique	54,20.
Gaz azote	27,00.
2me *Expérience.* 0g,1 a fourni :	
Gaz acide carbonique	52,4.
Gaz azote	26,2.
La moyenne présente :	
Gaz acide carbonique	53,30.
Gaz azote	26,65.
D'après le calcul, on aurait dû avoir :	
Gaz acide carbonique	53,20.
Gaz azote	26,60.
Contenant :	
	Poids.
Carbone	0,02856.
Azote	0,03330.
Oxigène	0,03811.
	1,0000.

Ainsi l'acide cyanique est formé de :

Cyanogène	0,6189 = 1 atome.
Oxigène	0,3811 = 2 atomes.
	1,0000.

Il est bien constant, d'après ce qui précède, que le chlore combiné au cyanogène, a sur l'eau une action analogue à celle des autres chlorures, des iodures, des bromures; que cette combinaison se transforme, par la décomposition de l'eau, en acide hydro-chlorique et en acide cyanique; que ce dernier, étant plus fixe et très-stable, peut être séparé, par l'évaporation, de l'autre qui est très-volatil.

Cette séparation immédiate des acides hydro-chlorique et cyanique vient confirmer, selon moi, par ce nouvel exemple, l'opinion de M. Gay-Lussac, qui a considéré la dissolution de chlorure d'iode dans l'eau, comme un mélange d'acide hydro-chlorique et d'acide iodique, et cela contradictoirement à la façon de voir de M. Davy, qui suppose que cette transformation n'a lieu qu'au moment de la saturation et par l'influence de l'alcali. Si l'on ne peut obtenir, de la dissolution de chlorure d'iode dans l'eau, l'acide iodique, on en trouve la cause dans la décomposition mutuelle des acides iodique et hydro-chlorique par l'action de la chaleur.

Je rappelle encore, à cette occasion, que j'avais déjà fourni une preuve à l'appui de l'opinion de M. Gay-Lussac, en signalant la faculté qu'a la dissolution alcoolique de chlorure d'iode, de donner sur-le-champ de l'iodate acide de potasse par son mélange, en proportions convenables, avec une dissolution alcoolique de potasse (1).

La découverte du perchlorure de cyanogène, indépendamment de l'intérêt qu'elle peut offrir par elle-même, devient encore plus importante par la découverte de l'acide cyani-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, tome XXII, page 179.

que qui s'en est suivie, puisque celle-ci va créer à la chimie un nouveau genre de sels.

J'ai combiné l'acide cyanique avec différents oxides, et déjà examiné quelques-unes de ses combinaisons, telles que celles qu'il forme avec la potasse, la baryte, l'ammoniaque, l'argent; aucune ne produit des sels fulminants : tous ces sels, traités par le potassium, donnent du bleu par le sulfate de fer et un acide, ce qu'ils ne font pas avant.

Comme les cyanates peuvent être nombreux et demandent à être étudiés avec soin, je me réserve d'en faire le sujet d'un autre Mémoire.

J'observe seulement que les cyanates que j'obtiens, n'ont pas le caractère de ceux que M. Wöhler a signalés sous cette dénomination; ils peuvent être dissous, évaporés par ébullition, redissous et cristallisés plusieurs fois sans éprouver d'altération.

La combinaison de l'acide cyanique avec l'ammoniaque, que j'ai nommée plus haut, n'a aucun rapport, dans ses propriétés, avec celle que cet habile chimiste produit en unissant son acide avec le même alcali, ce qui lui donne, et c'est un fait bien remarquable, de l'urée tout-à-fait semblable à celle qu'on peut extraire de l'urine.

J'ai aussi remarqué, comme M. Liebig, dans la préparation du cyanate de potasse de M. Wöhler au moyen d'un mélange de ferro-cyanure de potassium et de per-oxide de manganèse, que ce mélange, avant que la température fût élevée au rouge, brûlait comme un pyrophore en dégageant beaucoup d'ammoniaque. J'avais déjà vu ce phénomène de l'incandescence, toutes les fois que j'ai eu occasion de chauffer le ferro-cyanure de potassium pour décomposer le cyanure

de fer; la matière fondue se maintient rouge très-long-temps; même hors du feu.

Ainsi l'acide cyanique dont il est ici question, diffère, comme on voit, de celui de M. Wöhler, par sa stabilité; il en diffère par les proportions de ses principes constituants, puisque, d'après l'analyse qu'il en a faite dans les composés qui le contiennent, il le trouve formé d'un atome de cyanogène et d'un atome d'oxigène: proportions qui correspondront probablement à un acide moins oxigéné, à l'acide cyaneux qui pourrait être produit par le *proto-chlorure de cyanogène* (le gazeux), en décomposant l'eau.

En effet, le sel résultant de la combinaison de l'acide cyanique le moins oxigéné avec la potasse (*cyanite de potasse*), étant facilement décomposé lui-même par l'eau à la chaleur de l'ébullition, doit donner deux atomes d'acide carbonique et un atome d'ammoniaque, d'où un atome de carbonate d'ammoniaque et un atome de carbonate de potasse, ou enfin de l'ammoniaque et du bi-carbonate de potasse. M. Wöhler a constaté sa transformation en carbonate de potasse et en ammoniaque (1); tandis que, avec le composé de potasse et de l'acide cyanique le plus oxigéné (*cyanate de potasse*), on obtiendrait également, dans la même circonstance, du carbonate de potasse et du carbonate d'ammoniaque dans les mêmes rapports, mais un atome d'oxigène en plus, dont le déplacement n'est point sollicité par une réaction; ce qui est probablement la cause de la résistance de cet acide à la décomposition, ou de la stabilité dont il jouit.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVII, p. 197.

Considérations sur le liquide jaune qu'on obtient par l'action du chlore sur une dissolution de cyanure de mercure sous l'influence solaire.

La circonstance de la découverte d'un composé nouveau de chlore et de cyanogène a dû naturellement me donner à penser qu'il peut en exister un autre liquide.

Si l'analyse que j'ai présentée ci-dessus du perchlorure de cyanogène, qui lui reconnaît précisement le double de chlore que dans le chlorure gazeux (le proto-chlorure) est exacte, il est difficile d'admettre une proportion intermédiaire entre le gazeux et le solide; pourtant c'est l'ordre habituel des composés; alors il serait formé de deux atomes de cyanogène et de trois atomes de chlore.

Cependant je suis revenu à examiner le liquide jaune, qui résulte de l'action du chlore sur une dissolution de cyanure de mercure exposée au soleil, liquide que d'abord j'avais cru être un composé de chlore et de cyanogène, mais que, par des raisons que j'ai données alors, je fus conduit à regarder comme un mélange de chlorure d'azote et de proto-chlorure de carbone.

D'après le nouvel examen que j'en ai fait, cette façon de voir sera, sinon entièrement changée, du moins grandement modifiée, bien que je retrouve toujours, dans ce liquide jaune, des propriétés très-différentes de celles des deux autres chlorures de cyanogène, entre autres celle de donner tout-à-coup, par la plus légère chaleur, beaucoup d'azote, un peu d'acide carbonique, de l'acide hydro-chlorique, et en même temps du per chlorure de carbone. Tandis que les deux autres, les chlorures gazeux et solide, peuvent

être retirés, en grande partie, après un temps assez long, de leur dissolution ou séjour sous l'eau; seulement une portion se transforme lentement, comme je l'ai dit, par la décomposition de l'eau sans dégagement de gaz, en acide hydrochlorique et en acide cyanique pour le solide, et probablement en acide cyaneux pour le gazeux.

Toutefois, comme ce liquide jaune, quand il a été préalablement uni au potassium, produit du bleu avec le sulfate de fer et un acide, ainsi que du chlorure d'argent par les sels de ce métal, il faut reconnaître qu'il renferme du chlorure de cyanogène, mais qui doit être associé à d'autres corps qui modifient d'une manière bien singulière ses propriétés. On pourrait supposer que c'est un mélange de chlorure d'azote et de proto-chlorure de carbone qui tiendrait en dissolution du perchlorure de cyanogène; ce dernier, je l'ai essayé, se dissout très-bien dans le liquide jaune.

En attendant, je dois parler d'une propriété des plus remarquables de ce liquide jaune, propriété que je lui ai récemment reconnue.

Lorsqu'on met en contact de petites portions de ce liquide jaune avec du potassium et qu'on pétrit à froid, avec un tube, ces deux corps ensemble, il y a une forte détonation en chauffant doucement.

Si encore le potassium, étant légèrement chauffé sur un fragment de porcelaine, on fait arriver sur le métal quelques gouttes du liquide jaune, il y a combustion paisible avec flamme d'un blanc verdâtre; dans cet état, il suffit d'y poser avec un tube une nouvelle quantité du liquide jaune et de presser pour produire la détonation, en sorte qu'en promenant le tube sur la matière, y exerçant un peu de pression,

on donne lieu à des fulminations continues avec flamme rougeâtre, semblables à celles qui résultent de la décomposition du fulminate d'argent ou de l'iodure d'azote. On remarque en même temps dans l'air la solidification d'un corps blanc, probablement le chlorure de potassium; mais elle est accompagnée d'une odeur piquante, qui paraît être celle d'un chlorure de cyanogène.

La connaissance de cette propriété du liquide jaune que j'avais acquise, et que je pouvais encore rapporter au chlorure d'azote dont j'attribuais la stabilité à son association intime au chlorure de carbone, m'a néanmoins ramené à la pensée de chercher à constater l'existence, dans ce liquide jaune, d'un chlorure de cyanogène, d'un acide cyanique ou d'un acide cyaneux, dont la formation pouvait avoir été déterminée par son contact avec l'eau.

A cet effet, dans l'intention de recueillir les gaz qui pouvaient être produits, j'introduisis dans un tube, sous le mercure, quatre à cinq gouttes du liquide jaune, de celui que je garde sous l'eau depuis mes premières expériences, c'est-à-dire depuis plus d'un an, pendant lequel temps il a constamment dégagé, comme il dégage encore, de l'azote, de l'acide carbonique, et dépose du chlorure de carbone; ces quatre à cinq gouttes du liquide jaune ancien étant sous le tube, j'y fis passer un petit fragment de potassium; le contact de ce dernier donna lieu immédiatement à une petite quantité de gaz; ce que j'attribuai à de l'eau que pouvait avoir retenue le liquide jaune.

Après plusieurs heures de contact, que je rendais plus exact en agitant de temps à autre, voulant recueillir l'acide carbonique que je supposais devoir être produit par l'action

successive du potassium et d'un acide, toujours dans la pensée de l'existence d'un composé de cyanogène, j'y introduisis quelques gouttes d'acide hydro-chlorique, qui donnèrent lieu à un nouveau dégagement de gaz. J'avais déja agité plusieurs fois, lorsqu'au moment où j'agitais encore, une détonation des plus violentes brisa le tube dans mes mains.

Le liquide jaune (je dois rappeler que M. Gay-Lussac, dans son beau travail sur l'acide hydro-cyanique, l'avait déja signalé et considéré comme un composé de chlore et de cyanogène), ce liquide, dis-je, est transparent dans les premiers moments de sa formation; il se trouble bientôt en donnant lieu à un dégagement très-considérable de gaz; séparé de la dissolution sur laquelle il s'est formé, et soumis à la distillation, seul ou avec du chlorure de calcium, la plus légère chaleur le fait entrer vivement en ébullition, dégageant encore une quantité très-grande de gaz reconnue être un mélange d'azote et d'acide carbonique, dont ce dernier ne fait assez exactement que le quart; des vapeurs d'acide hydro-chlorique se manifestent en même temps.

En continuant la distillation assez long-temps pour tout faire passer dans le récipient, il ne se dégage presque plus, vers la fin, ni gaz, ni acide hydro-chlorique, et le liquide distillé dépose, par le refroidissement, une matière cristallisée, conservant l'odeur excessivement piquante du liquide jaune; mais cette odeur se perd par la pression à plusieurs reprises entre du papier joseph; il ne se conserve plus ensuite qu'une odeur aromatique, ayant de l'analogie avec celle du camphre.

Si, après avoir séparé la matière cristallisée du liquide distillé déja incolore, on distille une seconde fois, on n'obtient

plus de gaz, mais encore de la matière cristalline, laquelle est susceptible, ainsi que la première, de se dissoudre en totalité, à l'aide d'une légère chaleur, dans le liquide même où elle s'est déposée, et de cristalliser de nouveau par le refroidissement (1).

Le liquide jaune, avant comme après sa distillation, étant soumis à l'action de l'ammoniaque liquide ou de la potasse caustique, se décompose assez lestement; il reste une matière insoluble qui retient encore un peu de liquide piquant, mais qui, après avoir été pressée entre du papier joseph, perd cette odeur piquante, et n'a plus que celle analogue au camphre.

Enfin, le liquide, soit jaune, soit décoloré par la distillation, ayant abandonné l'excès de matière cristallisable qu'il ne peut tenir en dissolution, mis en contact avec le potassium, donne lieu à une combinaison susceptible de détoner avec la plus grande violence par la pression ou la chaleur.

Voici les conséquences qu'on peut tirer de ce qui précède:

Le liquide jaune obtenu par l'action du chlore sur une dissolution de cyanure de mercure sous l'influence solaire serait, immédiatement après sa formation, une association de chlorure d'azote, d'un chlorure de cyanogène liquide et de perchlorure de carbone tenu en dissolution.

Le chlorure d'azote se décompose facilement, et, dans ce

---

(1) Ces cristaux, ainsi que le perchlorure de cyanogène, donnent lieu quelquefois, en les unissant au potassium, à de petites fulminations; ce qui pourrait dépendre, pour ces cristaux, d'une petite quantité du corps liquide éminemment détonant dont ils seraient restés imprégnés.

cas, sans détonation, à raison de son union avec le chlorure de carbone et le chlorure de cyanogène; il en résulte de l'acide hydro-chlorique, de l'azote et de l'acide carbonique, par suite de la décomposition du chlorure d'azote, de l'eau, et probablement d'une certaine quantité de chlorure de cyanogène liquide. La production énorme d'azote relativement à celle d'acide carbonique, ne pourrait s'expliquer par la seule décomposition du chlorure de cyanogène : elle donnerait, pour le cyanogène, 1 volume d'azote et 2 volumes d'acide carbonique, tandis qu'on a 3 volumes d'azote pour 1 volume d'acide carbonique.

La décomposition du chlorure d'azote et du chlorure de cyanogène, doit nécessairement donner lieu à la précipitation de la quantité de chlorure de carbone qu'ils tenaient en dissolution.

Le liquide jaune, après sa distillation, et conséquemment après la décomposition du chlorure d'azote, est incolore et transparent comme l'eau; son odeur est toujours très-piquante; il peut être considéré comme du chlorure de cyanogène liquide, tenant en dissolution du perchlorure de carbone; car on a vu qu'en soumettant à l'action de l'ammoniaque ce liquide blanc, il restait du chlorure de carbone, celui-ci n'étant pas attaquable par les alcalis qui absorbent ou détruisent les chlorures de cyanogène.

On voit que la question relative à la nature du liquide jaune résultant de l'action du chlore en excès sur une dissolution de cyanure de mercure sous l'influence solaire, n'est pas décidée; elle demande de nouvelles recherches : je me propose de les continuer; mais ces recherches ne peuvent être reprises que par intervalles; car, indépendamment du

danger des fulminations, on a à se garantir de l'action du corps même dont la volatilisation cause de douloureux larmoiements et fatigue les organes de la respiration de manière à rendre l'observation très-difficile.

Je prends la liberté de rappeler chaque fois à l'Académie les difficultés dont se trouve environnée l'étude du genre du corps dont j'ai eu à l'entretenir, afin de me justifier, pour ainsi dire, de n'avoir pas été assez heureux pour pouvoir lui présenter une solution entière sur ce dernier objet, toutefois digne d'attention, puisqu'il se rattache à la connaissance d'un chlorure de cyanogène particulier, et peut-être à celle d'un acide formé de cyanogène et d'oxigène, différent de celui qui a fait le sujet d'une partie de ce Mémoire.

MÉMOIRE

SUR

L'action de l'acide sulfurique sur l'alcool, et des produits qui en résultent.

PAR M. SÉRULLAS.

Lu à l'Académie royale des Sciences, le 15 et 22 octobre 1828.

M. GAY-LUSSAC, à l'occasion des expériences de M. Faraday (1), relatives à l'action de l'acide sulfurique sur la naphtaline, et de celles de M. Hennell concernant l'huile douce de vin (2), après avoir discuté sur les conséquences qu'ont tirées les deux chimistes que je cite, a justement observé que cet objet exigeait de nouvelles recherches.

Dernièrement MM. Dumas et Boullay fils, en terminant leur intéressant Mémoire sur l'éther sulfurique et l'huile douce de vin (3), avouent que le problème n'est pas résolu Leur Mémoire, plus récent encore, sur les éthers (4), quoi-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXIV, p. 167.
(2) *Ibid.*, t. XXXV, p. 154.
(3) *Ibid.*, t. XXXVI, p. 310.
(4) *Ibid.*, t. XXXVII, p. 15.

que plein de recherches importantes et de vues neuves, n'a pas non plus éclairé entièrement la question.

Les expériences remarquables et antérieures de Fourcroy et Vauquelin, de M. Boullay père sur les éthers, de MM. Dabit (1), Sertuerner, Vogel et Gay-Lussac sur l'acide sulfovinique et les sulfo-vinates, sont assez connues pour être dispensé de donner aucun détail à cet égard.

Un sujet qui se rattache de si près à l'analyse organique mérite tout intérêt; et quoique, d'après les travaux des habiles chimistes que je viens de nommer, je n'eusse pas beaucoup à espérer de pouvoir jeter plus de jour sur cette matière, j'ai néanmoins entrepris quelques recherches, dont je vais avoir l'honneur de soumettre les résultats à l'Académie, leur publication pouvant aider à atteindre le but si important d'éclaircir les phénomènes de l'éthérification.

Chacun sait qu'on obtient par l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool, pour la préparation de l'éther, à une certaine époque de l'opération, entre autres produits, un liquide plus ou moins coloré en jaune, qu'on considère comme un mélange d'une huile particulière, d'éther, d'acide sulfureux et d'un peu d'acide sulfurique. Ce liquide, débarrassé des trois derniers corps par les lavages à l'eau et à la potasse, distillé ensuite sur du chlorure de calcium, se trouve réduit à une très-petite quantité d'une substance huileuse, plus légère que l'eau, qu'on désigne sous le nom d'*huile douce de vin.*

Mais cette huile n'est que le résultat de la décomposition

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XIII, p. 62.

du liquide jaune chimiquement formé d'acide sulfurique et d'hydrogène carboné; décomposition produite soit par son contact prolongé avec le liquide incolore qui distille avec lui, soit par les opérations qu'on lui fait subir pour isoler et épurer, comme on le dit, cette huile douce.

Je désignerai ce corps sous la dénomination de *sulfate neutre d'hydrogène carboné*, ou *sulfate d'éther*, jusqu'à ce que, d'après l'exposé que je vais faire des différentes expériences dont il a été l'objet, on puisse en déduire dans quel état de combinaison s'y trouvent l'acide sulfurique, les éléments de l'eau et l'hydrogène carboné qui entrent réellement dans sa composition.

Ce composé d'acide sulfurique et d'hydrogène carboné, dont on ne trouve nulle part décrites les propriétés ni physiques, ni chimiques, a dû présenter, dans l'étude qu'on en a faite, des résultats différents, parce qu'il n'a pas été examiné dans le même cas. M. Hennell me paraît le seul qui l'ait obtenu isolé, quoiqu'il ne le décrive pas, non plus que les moyens qu'il a employés pour l'avoir pur. Il a supposé que ce corps était généralement connu, tandis qu'on verra qu'il ne l'est réellement pas; il l'appelle *huile douce de vin*, le confondant ainsi avec la substance très-différente que nous connaissons sous cette dénomination; différente sinon en apparence avant son épuration, mais bien dans sa composition (1).

(1) Tellement que MM. Dumas et Boullay, en examinant avec leur sagacité connue l'huile douce de vin, n'avaient pu entendre, en supposant l'identité, comment M. Hennell trouvait de l'acide sulfurique dans celle qui a fait le sujet de ses recherches.

Quoique ce corps ait été vu et manié par tous ceux qui ont préparé de l'éther sulfurique, il n'en est pas moins vrai qu'il est resté inconnu dans sa véritable nature. Il est donc nécessaire d'indiquer comment on peut l'avoir pur, afin qu'on lui assigne rang dorénavant parmi les composés chimiques analogues, probablement parmi les éthers du troisième genre.

On distille, comme pour l'éther, un mélange de deux parties et demie d'acide sulfurique et une partie d'alcool à 36. On ne tarde pas à voir se produire, après une très-petite quantité d'éther, le liquide huileux plus ou moins coloré en jaune, qui se place tantôt sous un autre liquide incolore qui distille en même temps, tantôt le surnage; ce qui tient à ce que, dans le premier cas, il se trouve mêlé à plus d'acide sulfureux et moins d'éther, et que, dans l'autre, le liquide incolore contient plus d'acide sulfureux.

Pour l'épurer, après l'avoir séparé du liquide incolore, il faut le laver de suite, en l'agitant avec une certaine quantité d'eau pour lui enlever l'acide sulfureux, une partie de l'alcool, de l'éther et de l'acide sulfurique. Le but principal de ce lavage est de le débarrasser de l'acide sulfurique qui ne pourrait se volatiliser sous le vide; séparé de l'eau, on le place dans une capsule sous la cloche de la machine pneumatique, à côté ou au-dessus d'une autre capsule contenant de l'acide sulfurique, on fait le vide avec ménagement, attendu que la volatilisation de l'acide sulfureux, de l'éther, de l'alcool, cause une vive ébullition. Lorsque cette ébullition est apaisée, le liquide est devenu incolore et transparent; on continue toutefois de le laisser sous le vide pour faire évaporer l'eau. Au bout de vingt-quatre heures, le sulfate d'hydrogène carboné est d'un beau vert foncé, après avoir passé

par différentes nuances, vert-clair, bleu-verdâtre, bleu-émeraude.

Dans cet état il est pur, et en le renfermant dans des flacons, il s'y conserve indéfiniment sans éprouver d'altération.

J'avais d'abord cru que la couleur verte qu'il prend dépendait de son exsiccation, attendu qu'en l'agitant avec de l'eau il repasse à sa couleur primitive; mais il reste incolore au contact du potassium; ce qui doit faire croire que ce changement aurait pour cause la privation du contact de l'air; car, lorsqu'on l'y expose étant vert, il devient encore incolore après un certain temps: ce qu'on ne peut guère attribuer à l'absorption de l'humidité atmosphérique; lorsqu'on le chauffe, il verdit aussi.

Le sulfate d'hydrogène carboné neutre, c'est ainsi que nous désignons le liquide huileux, ainsi que nous en sommes convenus, étant bien purifié et privé d'eau, peut être incolore ou vert, selon qu'il est resté plus ou moins long-temps sous le vide; dans ces deux états, ses propriétés chimiques ne sont pas différentes; il a une odeur particulière aromatique pénétrante; sa saveur est piquante, fraîche, un peu amère, ayant quelque chose de celle de la menthe; sa pesanteur spécifique est de 1,133; il est un peu soluble dans l'eau; l'alcool et l'éther le dissolvent très-bien: on peut le retirer de ces dissolutions par l'évaporation, ou par précipitation au moyen de l'eau.

Placé sous l'eau, au bout d'un certain temps, il se transforme en huile légère (huile douce) qui vient à la surface, et en sulfate acide d'hydrogène carboné qui reste en dissolution. Si la quantité d'eau est petite, ce changement est très-

lent, l'acidité qu'elle prend diminue son action subséquente sur la partie non décomposée.

L'huile légère est opaque ; abandonnée au repos, elle laisse déposer des cristaux de même nature qu'elle, et que nous ferons connaître.

On peut hâter la séparation du sulfate neutre d'hydrogène carboné en sulfate acide et en huile douce, en le chauffant avec de l'eau ; quelques instants suffisent (1).

La propriété la plus remarquable de ce sulfate acide d'hydrogène carboné est celle qu'il a, étant soumis à l'ébullition, de se transformer en *acide sulfurique* et en *alcool*, sans dégagement aucun d'acide sulfureux, ni d'aucun gaz. Il faut avoir soin d'ajouter une certaine quantité d'eau, un grand nombre de fois, avant que l'acide sulfurique soit arrivé à une concentration telle qu'il réagisse sur la matière végétale, parce qu'alors il donne de l'acide sulfureux, de l'hydrogène carboné et du charbon.

Ce changement dans l'eau est le plus propre à nous éclairer

---

(1) Nous devons, avant d'aller plus loin, rappeler que, dans la manière d'envisager les éthers, nous n'avons pas perdu de vue les considérations générales de M. Chevreul sur l'analyse organique ; ce savant chimiste s'exprime ainsi, page 193 de son ouvrage : « N'est-il pas important de suivre « toujours cette même analogie, de considérer l'éther nitrique et les éthers « végétaux comme des composés d'hydrogène percarburé et d'acides + de « l'eau, ou, en d'autres termes, comme des sels hydratés, et de consi- « dérer les éthers hydro-chlorique, hydriodique, comme des composés « d'hydrogène percaburé et d'acides, ou, en d'autres termes, comme des « sels anhydres. »

MM. Dumas et Boullay, en adoptant cette façon de voir, ont été conduits à l'appuyer de quelques démonstrations importantes.

sur la nature du sulfate acide d'hydrogène carboné, considéré jusqu'ici comme acide sulfo-vinique ou hydro-sulfurique, uni à une matière végétale; il rappelle l'observation de MM. Dumas et Boullay, qui, dans la décomposition de l'éther oxalique, au moyen du gaz ammoniaque sec, ont obtenu, d'un côté, de l'alcool, et de l'autre, de l'oxalo-vinate d'ammoniaque, c'est-à-dire, un composé d'ammoniaque, d'hydrogène carboné et d'acide oxalique.

Si je ne me suis pas trompé dans ce que j'ai pu observer pour les sulfo-vinates, ce serait une exception qu'une telle combinaison sans les éléments de l'eau, en la considérant comme analogue aux sulfo-vinates.

Toutefois, cette belle expérience sur l'exactitude de laquelle l'habileté des auteurs ne peut laisser aucun doute, démontre incontestablement que les éléments de l'eau ne pouvaient exister primitivement dans l'éther oxalique que dans les proportions qui constituent l'éther.

J'aurais voulu, en faisant ce rapprochement dont les conséquences semblent faites au premier aperçu, trouver dans le sulfate neutre d'hydrogène carboné une composition tout-à-fait semblable à celle de l'éther oxalique, et le considérer purement comme du sulfate d'éther. Mais l'éther oxalique ne donne, dans sa décomposition spontanée sous l'eau, que de l'acide et de l'alcool; tandis que le sulfate neutre d'hydrogène carboné se sépare, dans la même circonstance, en huile légère (huile douce de vin) et en sulfate acide d'hydrogène carboné, lequel seulement alors, par sa décomposition subséquente, en le chauffant, se transforme, comme l'éther oxalique, en alcool et en acide.

Aussi, l'analyse que j'ai faite du sulfate neutre d'hydrogène

carboné me donne, comme on le verra, les éléments de l'eau, mais en moindres proportions que celles que comporte la composition de l'éther; je les trouve en rapport avec un atome d'éther, plus deux atomes d'hydrogène bi-carboné, probablement sous forme d'huile douce, ce qui m'a fait incliner pour le considérer comme un sulfate double d'éther et d'hydrogène carboné.

M. Hennell a dû, sous ce rapport, être en erreur; car il ne fait pas mention des éléments de l'eau dans l'analyse de son composé d'hydrogène carboné et d'acide sulfurique; bien certainement il en contient. Je rappellerai, pour qu'on n'y soupçonne pas l'existence d'eau non combinée, que le sulfate d'hydrogène carboné qui a été employé dans mes analyses était resté plusieurs mois en contact avec du potassium.

Le sulfate neutre d'hydrogène carboné, traité par les bases, abandonne, comme avec l'eau, l'huile douce, et forme avec ces bases des sels qu'on a désignés sous le nom de *sulfovinates;* mais qui ne doivent être, ainsi que MM. Faraday et Hennell l'ont avancé les premiers (1), opinion ensuite adoptée par MM. Dumas et Boullay, que des sels à double base, dont

(1) Voici comment s'exprime le Journal allemand, qui rend compte du travail de M. Hennell sur l'huile douce de vin.... « De toutes ces re-« cherches M. Hennell conclut que l'huile de vin est une combinaison « saturée d'hydrogène bi-carboné avec l'acide sulfurique, et que, par « l'action de l'eau ou d'une base salifiable, une portion de l'hydrogène « carboné est déplacée, et il se forme un sel à deux bases (dont l'une est « l'hydrogène carboné), qui se combinent avec les quantités proportion-« nelles d'acide sulfurique. »

Jahres-Bericht über die Fortschritte der physischen Wissenchaften, für 1828, p. 276. Par Berzelius.

l'une est l'hydrogène carboné. Ces sels ont tous les caractères attribués aux sulfo-vinates, très-solubles dans l'eau et dans l'alcool, même ceux de chaux, de plomb, qui sont déliquescents.

Si, sous le rapport de leur solubilité, les sulfo-vinates de chaux, de baryte, de plomb, se rapprochent des hypo-sulfates de ces bases, ils en diffèrent essentiellement par la propriété qu'ont les hypo-sulfates de donner de l'acide sulfureux avec une vive effervescence, en versant dessus de l'acide sulfurique concentré; tandis que les sulfo-vinates ne donnent jamais, dans ce cas, d'acide sulfureux, ni aucun gaz, mais seulement un dépôt de charbon considérable : ce caractère, ce me semble, aurait dû faire abandonner cette pensée de l'identité.

M. Hennell a noté que le sulfo-vinate de baryte, soumis à l'ébullition dans l'eau, se transformait en sulfate acide; mais il n'a pas vu, et c'est le point important de l'observation qui m'est propre, ce que devient l'hydrogène carboné ou la matière végétale.

M. Heeren a analysé le sulfo-vinate de chaux; il le regarde comme un hypo-sulfate uni à une matière organique privée d'eau. Cette matière organique serait, d'après ses résultats, de l'hydrogène et du carbone dans les mêmes proportions que dans l'alcool, plus une assez grande quantité d'oxigène; et, selon lui, l'acide sulfurique, dans l'éthérification, serait désoxigéné par l'alcool pour former de l'acide hypo-sulfurique (1).

Tous les sulfo-vinates, nous entendons maintenant la signi-

(1) Même journal allemand.

fication ainsi que celle d'acide sulfo-vinique, mis en ébullition avec de l'eau, se convertissent en sulfate acide de la base, et encore, comme l'acide sulfo-vinique, en alcool que l'on recueille au moyen d'un appareil convenable. Cet alcool conserve, dans la première distillation, une odeur particulière, et en outre un peu de celle que nous trouvons dans l'huile douce et le sulfate acide d'hydrogène carboné, ce qui m'avait fait penser que ce pouvait être de l'esprit pyro-acétique; mais une seconde distillation avec un peu de potasse, pour lui enlever en même temps l'acide qu'il contient, le laisse à l'état d'alcool pur; on en obtient une assez grande quantité.

Il est à remarquer que lorsque le résidu de la cornue ne contient plus d'eau, et qu'on pousse la chaleur, il se forme vers la fin, comme on l'a dit, de l'acide sulfureux; mais un peu avant, le liquide qui distille a une odeur très-manifeste d'éther sulfurique; celui-ci sortirait-il tout formé du composé, ou serait-il produit par l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool?

Le sulfate acide d'hydrogène carboné, lorsqu'il est concentré, se décompose sous le vide en acide sulfurique, et probablement en alcool; je n'ai jamais reconnu des traces d'acide sulfureux ni d'huile.

Ce qui a pu induire en erreur dans les observations faites sur la décomposition par la chaleur des sulfo-vinates, c'est que, lorsqu'ils sont secs, ils donnent de l'acide sulfureux, de l'hydrogène carboné, un dépôt de charbon et une huile, disait-on; mais on les convertit, comme je l'ai dit, entièrement en sulfates acides et en alcool, en les distillant avec de petites quantités d'eau, qu'on renouvelle avant que la réaction puisse se faire sans le concours du liquide aqueux, dont

probablement une portion est saisie par l'éther pour passer à l'état d'alcool.

Cette huile, observée dans la décomposition des sulfovinates, et dont personne jusqu'ici n'a fait connaître la nature (1), n'est pas autre chose que le sulfate neutre d'hydrogène carboné qu'on obtient dans ce cas en assez grande quantité; tellement que je crois pouvoir indiquer ce moyen comme pouvant être employé à la préparation du sulfate neutre d'hydrogène carboné, et conséquemment de l'huile douce.

A cet effet, on fait chauffer quelques instants, sans distillation, parties égales d'alcool à 38° et d'acide sulfurique; si la masse est un peu considérable, l'élévation de température produite par le mélange pourrait suffire, car on obtient, même à froid, une certaine quantité. On sature par une bouillie claire de chaux éteinte, et l'on filtre. Après avoir concentré, jusqu'à un certain point, la liqueur par une douce évaporation, on la filtre de nouveau étant refroidie pour enlever de la chaux qui s'est carbonatée, et un peu de sulfate de cette base qui peut être resté ou qui se serait formé;

---

(1) M. Hennell (*Annales de Chimie et de Physique*, tom. xxxv, p. 156), ayant traité ce qu'il appelle *huile de vin*, bouillie dans l'eau, par le carbonate de potasse, a obtenu un sel en lames minces comme le chlorate de potasse; il dit que ces cristaux, chauffés dans un tube de verre, se gonflent au moment où ils entrent en fusion, et donnent une vapeur épaisse qui se condense en un liquide oléagineux sentant fortement l'acide sulfureux.

M. Hennell n'a pas reconnu que ce liquide oléagineux était de la même nature que son huile de vin (sulfate neutre d'hydrogène carboné).

on l'abandonne à l'évaporation dans une étuve. La cristallisation s'opère parfaitement, mais avec beaucoup de lenteur, et l'on a une très-grande quantité de sulfo-vinate très-pur.

Le sulfo-vinate de chaux, étant desséché avec soin, on le chauffe dans une cornue pour recueillir le produit principal, le sulfate neutre d'hydrogène carboné.

La dessiccation des sulfo-vinates exige beaucoup de soin pour atteindre le point convenable sans les altérer, car souvent, lorsqu'on les croit secs, et qu'on les chauffe, ils cèdent encore de l'eau en s'altérant plus ou moins. Pour reconnaître les changements qu'ils ont subis dans ce cas, on ne doit pas s'en rapporter à leur solubilité, parce que le sulfate acide de chaux qui en résulte se dissout, mais en les éprouvant soit par l'action qu'ils exercent sur le tournesol, soit par les sels barytiques; il faut donc employer pour leur dessiccation la machine pneumatique.

Une certaine quantité de sulfo-vinate de chaux a été desséchée dans le vide, au-dessus d'acide sulfurique; 18 grammes ont été soumis à l'ébullition avec de l'eau ajoutée à plusieurs reprises, ainsi qu'on l'a dit plus haut en parlant du moyen de retirer tout l'alcool des sulfo-vinates, on a obtenu, alcool absolu, $5^{g},1$; on aurait dû avoir $5^{g},5$, parce que le sulfo-vinate de chaux, d'après sa composition calculée, doit donner, pour 100, alcool absolu 0,31 représentant éther 0,255.

Analyse du sulfo-vinate de chaux.

1re *Expérience.* $0^{gram.},25$ sulfo-vinate de chaux desséché dans le vide, traités par l'oxide de cuivre, ont donné, à la température de zéro et sous la pression de $0^{mèt.},76$:

Acide carbonique.....	$0^{lit.},0760$;
Eau.....	$0^{g.}080$.

2me *Expérience.* Même quantité de sulfo-vinate.

Acide carbonique..... $0^{lit.},0740$;
Eau..... $0^{g.},0770$.

3me *Expérience.* $2^{gram.}$ sulfo-vinate de chaux calciné et traité par l'acide nitrique, pour brûler le carbone, ont laissé :

Sulfate neutre de chaux, pour $\frac{0}{0}$. 0,460.

4me *Expérience.* $10^{gram.}$ ont donné :

Sulfate neutre de chaux, pour $\frac{0}{0}$. 0,465.

5me et 6me *Expériences.* $10^{gram.}$ et $7^{gram.},2$, même sulfo-vinate, traités par l'acide nitrique bouillant et lavés avec de l'eau légèrement ammoniacale, ont fourni :

Sulfate de chaux calciné, moyenne pour $\frac{0}{0}$. 0,4505.

L'eau de lavage, traitée par l'hydro-chlorate de baryte, a donné une quantité de sulfate contenant :

Acide sulfurique, moyenne pour $\frac{0}{0}$. 0,2840.
Perte en matière végétale..... 0,2655.

On devrait avoir, dans la supposition que le sulfo-vinate est formé de 2 atomes d'acide sulfurique, 1 atome d'éther et 1 atome de chaux, savoir :

Pour les deux premières expériences,

Acide carbonique..... $0,0764^{lit.} = 0,0414^{carbone.}$
Eau, par la combustion de l'hydrogène. $0,0641^{gram.} = 0,0069^{hydrogène.}$

Pour les expériences 3me, 4me, 5me et 6me,

Sulfate de chaux..... 0,4689 = 1 atome;
Acide sulfurique..... 0,2759 = 1 atome;
Perte en éther..... 0,2552 = 1 atome.

Dans la distillation de l'éther, celui-ci entraîne, tout le long de l'opération, une certaine quantité de sulfate acide d'éther (acide sulfo-vinique), ce dont on s'assure en saturant le produit par fractions dès le commencement; on a plus ou moins de sulfo-vinate.

Il arrive un moment, lorsque l'opération est déja avancée, et qu'il se produit de l'acide sulfureux et de l'hydrogène carboné, les fractions d'éther étant livrées à une évaporation spontanée, abandonnent des quantités plus ou moins considérables de sulfate neutre d'hydrogène carboné que cet éther tient en dissolution.

J'ai encore remarqué dans les résidus de cette évaporation de l'éther, de très-petites quantités de cristaux en aiguilles très-déliées, très-bien formées, que j'ai reconnues être du sulfate acide de chaux, provenant probablement de l'acide sulfurique, à la fabrication duquel des eaux séléniteuses ou carbonatées auront été employées; car toutes précautions avaient été prises pour ne pouvoir les attribuer aux vases dont on faisait usage, et qu'on aurait lavés avec de l'eau commune. Je cite ce fait comme un exemple remarquable de volatilisation d'une substance aussi fixe que le sulfate de chaux.

Ainsi l'éther, avant sa rectification, contient, indépendamment des substances étrangères qu'on y a signalées, de l'acide sulfo-vinique, et une quantité plus ou moins grande de sulfate neutre d'hydrogène carboné; l'un et l'autre peuvent être mis immédiatement en évidence par une douce évaporation de l'éther qui les tient en dissolution.

Le potassium, mis en contact avec le sulfate neutre d'hydrogène carboné qui a été desséché sous le vide, s'y con-

serve sans altération à la température ordinaire; mais si l'on vient à chauffer ces deux corps ensemble dans un tube, il y a action; il se forme très-peu de sulfure de potassium, beaucoup de sulfate de potasse, de l'hydrogène carboné, et du charbon est mis à nu. La difficulté de maîtriser et de rendre uniforme l'action du potassium sur le sulfate neutre d'hydrogène carboné, ne m'a pas permis de constater avec précision les quantités relatives de sulfure de potassium et de sulfate de potasse auxquelles elle donnait naissance; mais il est certain qu'il se forme très-peu de sulfure de potassium. Du reste, cette action est toujours accompagnée d'une odeur d'ail excessivement forte.

Cette même odeur d'ail a été remarquée par MM. Dumas et Boullay dans leur éther oxalique, après avoir été purifié pas la litharge. J'observe, à cette occasion, que l'éther oxalique préparé par le procédé indiqué par ces chimistes contient beaucoup, et d'autant plus que la distillation doit être poussée jusqu'à la fin, du composé d'acide sulfurique et d'hydrogène carboné. On rend évidente la présence d'un composé de soufre dans cet éther, bien qu'il ne précipite pas par les sels barytiques, en en versant une petite quantité dans une capsule ou sur un fragment creux de porcelaine, et y ajoutant un peu de potassium; on enflamme le liquide, le potassium fond, la masse devient charbonneuse, puis tout-à-coup elle entre en incandescence comme un pyrophore. Le résidu, dissous dans l'eau et filtré, donne abondamment de l'hydrogène sulfuré par un acide, et, par les sels barytiques, un précipité insoluble dans l'acide nitrique.

Toutefois on débarrasse l'éther oxalique de cette substance étrangère, en le faisant bouillir long-temps sur la

litharge et le distillant ; c'est ce qu'ont recommandé MM. Dumas et Boullay.

J'ai voulu m'assurer s'il ne se produisait pas du sulfate neutre d'hydrogène carboné dès les premiers temps de l'éthérification. A cet effet, j'ai fractionné le produit pendant la distillation, et chaque fraction a été soumise à une évaporation spontanée dans une étuve; mais aucune trace de sulfate neutre d'hydrogène carboné; on n'en trouve que dans les fractions de la distillation déja avancée, et en même temps de l'apparition de l'acide sulfureux. La présence de ce dernier en petite quantité qui ne serait pas sensible à l'odorat est rendue manifeste en étendant d'eau les fractions, y versant de l'eau de baryte qui donne un précipité soluble dans l'acide nitrique : le sulfate acide d'hydrogène carboné, comme on sait, ne précipite pas.

On pouvait croire que, à cette époque de l'opération, la température n'était pas assez élevée pour volatiliser le sulfate neutre d'hydrogène carboné ; mais une certaine quantité de ce dernier a été introduite dans les cornues en même temps que le mélange d'alcool et d'acide sulfurique, et il a distillé dès les premiers moments de l'ébullition en donnant lieu à des soubresauts très-remarquables.

On a encore recherché le sulfate neutre d'hydrogène carboné dans les résidus de l'éther dont la distillation avait été arrêtée avant la formation de l'acide sulfureux. Des portions de ces résidus, agitées avec de grandes quantités d'éther, lui auraient cédé le sulfate neutre d'hydrogène carboné si elles en avaient contenu, puisque ce dernier y est très-soluble; mais l'évaporation de cet éther, facilement séparable de la masse d'acide, n'a laissé aucune trace de sulfate neutre d'hydrogène carboné.

D'après ce qui précède, on voit que l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool donne lieu à un composé d'acide sulfurique et des éléments de l'éther, composé qu'on avait considéré comme de l'acide hypo-sulfurique formé dans cette circonstance, et associé à une matière végétale. Ce dernier point ayant été supposé exact, a servi de base pour expliquer, quoique d'une manière incomplète et peu satisfaisante, les phénomènes de l'éthérification; mais cette explication ne peut plus être admise, dès qu'on ne peut plus admettre la production d'acide hypo-sulfurique. L'observation plus juste des faits, en détruisant cette erreur, ne laisse pas moins des difficultés pour établir clairement la marche de l'éthérification. Toutefois nous allons tâcher de présenter une théorie qui puisse se concilier avec les faits.

Il est à croire que l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool détermine, comme Fourcroy et Vauquelin l'ont dit, la formation d'eau dans les éléments de l'alcool (1), d'où résulte l'éther qui se combine à de l'acide sulfurique formant du sulfate acide d'éther (2) (acide sulfo-vinique); ensuite, par l'ébul-

---

(1) On a objecté que les substances les plus avides d'eau ne déterminaient pas la formation de l'éther. Mais l'action de l'acide sulfurique est bien différente; elle est toute chimique; car il n'y a rien de plus prompt que l'enlèvement des éléments de l'eau par l'acide sulfurique dans une matière végétale. Chacun connaît la carbonisation presque subite d'un fragment de bois plongé dans l'acide sulfurique concentré. L'élévation de température diminue l'affinité des sels déliquescents pour l'eau, tandis que l'acide sulfurique agit plus énergiquement sur les matières végétales à l'aide de la chaleur.

(2) L'éther, étant ici un corps nouveau faisant fonction de base, déplace nécessairement l'eau de l'hydrate d'acide sulfurique; aussi il n'est pas pro-

lition, ce composé se défait successivement, de l'éther se volatilise, l'acide sulfurique ayant retenu en définitive l'atome d'eau qui le constituait alcool. L'acide sulfurique étant en quantité considérable, des parties peuvent agir séparément les unes des autres.

Ainsi l'acte de l'éthérification se bornant à de l'eau enlevée à l'alcool est très-simple; mais la réaction subséquente, indépendante de la formation de l'éther, ayant lieu entre des éléments nouveaux, est plus compliquée.

On peut encore croire, pour la formation de l'huile douce,

---

bable, pensée que j'avais d'abord eue, que tous les éléments de l'eau soient enlevés à l'alcool au point de produire de l'hydrogène carboné qui s'unirait à de l'hydrate d'acide sulfurique, parce que, ce dernier se trouvant dans le composé, d'après l'analyse, dans le rapport de 2 atomes, nous y aurions les éléments de l'eau dans les proportions de l'alcool. Il n'est pas probable non plus qu'il se forme du sulfate d'hydrogène carboné anhydre et neutre, puisqu'on n'obtient, dans les premiers temps de l'opération, qu'un composé acide et un dégagement d'éther par l'ébullition. Dans ce composé acide, tant qu'il ne se manifeste pas de l'acide sulfureux, on y a cherché inutilement le sulfate d'éther et d'hydrogène carboné, qu'on y retrouve pourtant dès le commencement, lorsqu'on a introduit de ce corps dans les cornues avec le mélange d'alcool et d'acide sulfurique. Ce n'est qu'à la fin qu'il se produit de ce sulfate d'éther et d'hydrogène carboné qu'on pourrait supposer être du sulfate neutre d'hydrogène carboné, mais qui devrait, si sa composition était telle, donner, en se décomposant, de l'acide sulfurique et uniquement de l'hydrogène carboné; tandis qu'on en retire successivement, tout-à-fait dans la même circonstance, par son ébullition dans l'eau, d'abord de l'huile douce (hydrogène carboné condensé), ensuite de l'alcool, et seulement alors de l'acide sulfurique pur ce qui semble démontrer que l'hydrogène carboné est combiné à l'acide sous deux états.

que, à une certaine époque de l'opération, lorsque l'alcool a disparu, que l'eau est volatilisée, la température est assez élevée pour déterminer la réaction, entre eux, des éléments de l'acide sulfo-vinique (sulfate acide d'éther), d'où s'ensuit, entre autres, de l'hydrogène carboné (1). Alors le sulfate acide d'éther non décomposé saisit une portion de cet hydrogène carboné naissant, se sature, se constituant sulfate neutre d'hydrogène carboné ou sulfate double d'éther et d'hydrogène carboné. D'après les expériences de M. Faraday, et l'opinion de MM. Dumas et Boullay sur la faculté saturante très-grande de l'hydrogène carboné, on ne peut s'empêcher de reconnaître que la circonstance est des plus favorables pour que cette faculté saturante puisse s'exercer.

Une autre supposition peut être dans la réaction dont il vient d'être question, et qui est bien manifeste à une certaine époque de l'opération, la partie d'acide sulfurique excédant qui constitue le sulfate acide d'éther, est séparée ou détruite, laissant ainsi le sulfate acide à l'état de sulfate neutre, dont une partie est entraînée par l'acide sulfureux et recueillie dans la distillation, en même temps qu'une autre se décompose par l'élévation de température qui va toujours croissant, décomposition qui produit, comme on l'observe toujours, de l'acide sulfureux, de l'hydrogène carboné, du charbon, très-peu d'acide carbonique, attendu que la décomposition de l'acide sulfurique doit s'opérer par l'hydrogène de l'hydro-

(1) Nous avons dit plus haut que la formation du sulfate neutre d'hydrogène carboné n'a été remarquée qu'avec l'apparition de l'acide sulfureux; mais on sait que celle de l'hydrogène carboné est simultanée, et précède même celle de l'acide sulfureux.

gène carboné; de là, l'eau et le dépôt de charbon. On voit, à la fin de la distillation, le sulfate neutre d'hydrogène carboné tapisser, sous forme de gouttelettes, la panse de la cornue, glisser en retombant et se charbonner. M. Gay-Lussac a pensé que la production de l'huile douce et de l'acide sulfureux était le résultat de la décomposition de l'acide sulfo-vinique.

Dans l'une et l'autre supposition, l'hydrogène carboné serait condensé dans ses éléments par la force de la combinaison, condensation qu'il conserve même en se séparant du composé, et que nous remarquons sous forme d'huile douce de vin, laquelle est susceptible, ainsi que nous l'avons vu, d'être enlevée à ce composé par l'eau, reproduisant un sulfate acide, ou d'être remplacée par une base constituant encore un sulfate double.

Quoi qu'il en soit, nous voyons bien évidemment le sulfate neutre d'hydrogène carboné se séparer, par son ébullition dans l'eau, en trois corps bien distincts, en *acide sulfurique*, en *alcool* et en *hydrogène carboné condensé* (*huile douce de vin*).

Nous voyons les sulfo-vinates desséchés donner, dans leur décomposition par la chaleur, de l'acide sulfureux, de l'hydrogène carboné, un dépôt de charbon, du *sulfate neutre d'hydrogène carboné*, plus ou moins d'alcool (1), qui tient souvent une partie de ce dernier en dissolution (2), du sulfate de chaux avec excès d'acide.

---

(1) Cet alcool provient sans doute de l'eau qu'on n'a pas enlevée au sulfo-vinate.

(2) MM. Dumas et Boullay (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXVI,

Ces sulfo-vinates contenant du sulfate d'éther (acide sulfo-vinique), nous retrouvons, dans leur décomposition par la chaleur, les mêmes circonstances que celles que présente la distillation du mélange d'acide sulfurique et d'alcool, à la fin de l'opération, qui donne du sulfate d'hydrogène carboné, ainsi que les autres produits que nous venons d'énumérer.

Le sulfate acide d'éther (acide sulfo-vinique) ne pouvant être isolé sans eau, ni même concentré sans éprouver d'altération, on est privé d'éclaircissements qui permettraient peut-être de reconnaître avec plus de précision l'ordre des phénomènes qu'on a signalés; car il est probable que si on l'obtenait sans eau, je parle d'eau non combinée, comme il doit l'être dans l'opération où il est en contact avec la masse d'acide sulfurique, on aurait, par son ébullition, de l'éther au lieu d'alcool, qui se reproduit au moyen de l'eau au milieu de laquelle il se trouve (1). Cette transformation d'éther en alcool confirmerait ce que MM. Dumas et Boullay ont dit à ce sujet.

Cependant pour reconnaître, d'après les expériences de M. Lassaigne (2), si les sels résultant de la combinaison des

---

page 308) disent, en parlant du sulfo-vinate de baryte, que, par sa dessiccation dans le vide, à la température de 150 à 160, il prend un aspect gras qui annonce la séparation de l'huile, laquelle, à une chaleur plus élevée, se dégage, le sel devenant comme pâteux.

(1) La formation abondante de sulfo-vinate qu'on obtient en traitant l'éther pur par l'acide sulfurique et les bases, ne permet pas de croire que l'alcool qu'on retire de ces composés y soit tout formé.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XIII, p. 294.

bases avec le résidu que laisse dans la cornue la distillation de l'éther phosphorique, se comportaient comme les sulfovinates dans les mêmes circonstances; c'est-à-dire, si, par leur ébullition prolongée dans l'eau, on obtiendrait de l'alcool et du phosphate acide; ce qui doit être en admettant l'analogie : j'ai préparé de l'éther phosphorique; mais quoique j'aie employé des quantités assez considérables d'acide phosphorique, je n'ai eu que peu d'éther; conséquemment le résidu de la cornue n'a dû acquérir qu'à un faible degré les conditions nécessaires pour être soumis avec succès aux expériences qu'on avait en vue : seulement une partie de ce résidu a été chauffée fortement de manière à recueillir les produits. Il s'est charbonné en donnant de l'hydrogène carboné, point d'hydrogène phosphoré qu'on devrait pourtant obtenir, en supposant un hypo-phosphate (phospho-vinate) qui passerait à l'état de phosphate. On a trouvé dans le récipient de l'eau que surnageait une petite quantité d'huile légère semblable, en apparence, à l'huile douce, mais qui n'avait pas l'odeur qui caractérise celle-ci.

L'éther ne contenait ni huile, ni phosphate neutre d'hydrogène carboné, dont on doit supposer la formation comme celle du sulfate neutre d'hydrogène carboné dans la préparation de l'éther sulfurique. Il est probable que le phosphate neutre d'hydrogène carboné resterait dans la cornue, et ne passerait pas par la distillation, vu la fixité de l'acide phosphorique qui entre dans sa composition.

Comme la formation de l'éther est évidemment un pas de fait vers la formation du sulfate neutre d'hydrogène carboné, il était naturel de penser qu'on obtiendrait beaucoup plus et bien plus tôt de ce dernier corps, en faisant réagir de l'acide sulfurique directement sur l'éther.

J'ai fait des mélanges en différentes proportions d'acide sulfurique et d'éther pur; à parties égales, on obtient beaucoup et très-promptement, par quelques instants d'une très-légère chaleur, du sulfate acide d'éther, c'est-à-dire, du sulfovinate par la saturation. En distillant, le sulfate neutre ne se produit pas en plus grande quantité qu'avec l'alcool dans les proportions indiquées, et seulement lorsqu'il se dégage de l'acide sulfureux et de l'hydrogène carboné. Le mélange d'éther et d'acide sulfurique, après avoir été agité, se sépare en deux couches; la partie inférieure, qui est la masse de l'acide sulfurique, étant séparée, contient la presque totalité du sulfate acide d'éther; la partie supérieure en retient extrêmement peu.

Ce fait peut se concilier avec l'une et l'autre hypothèse que j'ai faites sur la formation du sulfate neutre, soit en admettant la décomposition du sulfate acide, ou bien la saturation de ce sulfate acide par l'hydrogène carboné naissant.

Nous avons vu que l'huile légère qui se sépare du sulfate neutre d'hydrogène carboné, abandonnée au repos, montrait en suspension une petite quantité d'une matière cristalline. M. Hennell l'a signalée le premier; mais il ne donne pas des détails à ce sujet, et ne fait pas connaître avec précision les circonstances qui peuvent la fournir, ni les moyens de la séparer. Cette substance, fort curieuse, peut être isolée ainsi qu'il suit.

Le sulfate neutre d'hydrogène carboné étant obtenu et purifié par les moyens indiqués, on le soumet avec une certaine quantité d'eau à l'action de la chaleur dans un ballon à long col, jusqu'à ce que le sulfate qui occupe le fond n'y soit plus, et que l'on voie l'huile douce à la surface de l'eau, qui ne

contient plus alors que du sulfate acide d'éther en dissolution, et quelquefois un peu d'acide sulfurique si la chaleur n'a pas été ménagée; ce qui importe peu pour le but qu'on se propose ici. On verse le tout dans une capsule qu'on place dans un lieu frais, et dans la saison froide; souvent du jour au lendemain, on voit la matière solide parfaitement cristallisée en petits prismes croisés très-symétriquement au milieu de l'huile douce qui les embarrasse. Ces cristaux étant bien formés, après quelques jours, on jette le tout sur un filtre mouillé; le sulfate acide s'écoule; on verse de l'eau sur le filtre jusqu'à ce qu'elle ne soit plus acide : alors on place l'entonnoir sur un support de manière que le bec corresponde à un flacon, le filtre se dessèche, laisse passer l'huile douce en retenant les cristaux.

On recueille, au moyen d'une lame métallique très-mince et flexible, la matière cristalline qui contient quelques impuretés dont on la débarrasse en la distillant dans un tube faisant fonction de cornue; puis on la liquéfie de nouveau pour la couler en lame mince sur un disque de verre; là, on la soumet à la pression, pendant plusieurs jours, entre du papier joseph qu'on renouvelle jusqu'à ce qu'il ne soit plus taché : le papier absorbe l'huile liquide dont la matière solide est imprégnée.

Dans cet état, cet hydrogène carboné, car nous verrons qu'il ne renferme pas d'autre élément, est très-brillant, bien cristallisé en longs prismes transparents, sans saveur, friable, craquant sous la dent, ayant une odeur aromatique particulière, bien manifeste quand il est chauffé, odeur tout-à-fait analogue à celle que nous trouvons dans l'huile douce.

Il fond à 110 degrés à la manière des corps gras; liquide,

il est également transparent, et se volatilise à 260 degrés sans résidu et sans altération; il est insoluble dans l'eau, se dissout dans l'alcool et mieux dans l'éther, et reparaît avec ses belles formes cristallines par l'évaporation du dissolvant; une chaleur rouge le décompose en charbon et hydrogène carboné; sa pesanteur spécifique est de 0,980.

Les filtres qui ont servi à séparer la matière cristallisée de l'huile douce où elle s'est formée, sont restés aussi imprégnés de cette dernière; alors on les lave dans l'alcool mêlé d'éther; on filtre et on évapore dans une étuve, l'huile douce reste.

On peut voir que le meilleur moyen d'avoir l'huile douce consiste à traiter, par l'eau et la chaleur, le sulfate neutre d'hydrogène carboné, et à filtrer comme on vient de le dire.

Avant que j'eusse employé le moyen que j'ai indiqué pour épurer le sulfate neutre d'hydrogène carboné, c'est-à-dire le lavage à l'eau et la dessiccation sous le vide, je le traitais par une dissolution de potasse carbonatée, qui le blanchit promptement et parfaitement; mais j'ai retrouvé dans le sulfate purifié de cette manière des quantités très-notables de sulfate de potasse et d'hydrogène carboné (sulfo-vinate de potasse) qui y étaient en dissolution.

Comme les propriétés physiques de l'huile douce de vin ne sont complètement indiquées nulle part, et que quelques unes de ses propriétés n'ont pas été observées, je crois utile de les exposer ici.

Elle est légèrement jaune comme de l'huile d'olive; d'une odeur particulière aromatique, qui se développe bien quand on la chauffe ou qu'on la frotte entre les doigts; j'ai trouvé sa densité de 0,921. MM. Dumas et Boullay l'ont estimée à

0,9174; elle bout et distille à 280 degrés; elle tache le papier à la manière des huiles; elle s'épaissit par le refroidissement sans perdre sa transparence; à 25—0, consistance d'une forte térébenthine; à 35, elle est solide. Quand elle est parfaitement privée d'eau, elle ne conduit point l'électricité, et c'est un de ses caractères remarquables, tellement qu'elle peut être prise pour type des liquides huileux non conducteurs; elle devient conductrice lorsqu'elle est mêlée avec de l'eau.

Analyse de l'huile douce de vin, et de la matière cristallisée qui s'en sépare.

Huile douce de vin $0^{gr},03$ dans chaque expérience, par l'oxide de cuivre.

Quantité moyenne de carbone de six expériences..... 0,8550

Les extrêmes étaient 0,834 et 0,860.

hydrogène.

Quantité d'eau moyenne de six expériences. 1,198=0,1330

Par l'oxigène 0,05 dans chaque expérience.

Quantité d'hydrogène moyenne de deux expériences coïncidentes..... 0,1390

Deux expériences faites sur la matière cristallisée ont donné des résultats sensiblement les mêmes.

On voit que les proportions d'hydrogène et de carbone dans l'huile douce et dans la matière cristalline qui s'en sépare, sont dans les rapports de l'hydrogène bi-carboné, c'est-à-dire assez exactement de 6 de carbone pour 1 d'hydrogène;

puisqu'on devrait avoir, d'après le calcul,

Carbone.....	0,8571,
Hydrogène.....	0,1429

J'ai répété cette analyse un très-grand nombre de fois, parce que les résultats qu'elle me donnait étaient très-différents de ceux obtenus par MM. Dumas et Boullay. Ces chimistes ont trouvé (*Annales de chimie et de physique*, tom. xxxvi, pag. 300) que l'huile douce de vin était formée de 88,37 vapeur de carbone et 11,63 hydrogène, ou 4 volumes vapeur de carbone et 3 volumes d'hydrogène, d'où ils ont déduit une théorie qui rendait à leurs yeux cette composition inévitable.

Maintenant on doit se demander qu'est-ce qui donne à ces composés une forme différente, trois états distincts, quoique renfermant les mêmes proportions dans leurs éléments.

Pour éclairer cette question, il faudrait pouvoir prendre la densité respective de leur vapeur; j'en ai fait l'essai par le procédé ingénieux de M. Dumas; mais j'ai trop peu obtenu de la matière solide pour une telle expérience qui en exige des quantités un peu notables.

Quant à l'huile douce, elle a subi une altération dans son ébullition, et a fourni des résultats trop incertains pour qu'on en fasse mention.

Toutefois, si on avait avec exactitude le poids de leur vapeur, on jugerait de la condensation qu'elle éprouve, et, d'après cette donnée, on pourrait désigner leur composition, non pas par les expressions bi-carboné, quadri-carboné, mais sous les noms d'hydrogène carboné, bi-atomique, quadri-atomique, etc.

Analyse du sulfate neutre d'hydrogène carboné.

Cette substance, que nous considérons comme une combinaison d'acide sulfurique d'éther et d'hydrogène carboné, a été mise en ébullition, avec les précautions convenables pour éviter les pertes, dans une dissolution concentrée de potasse caustique, puis évaporée à siccité et chauffée fortement. Le résidu, dissous, traité par l'hydro-chlorate de baryte et par l'acide nitrique, a fourni du sulfate de baryte dont la moyenne de six expériences a représenté, les extrêmes étant de 0,547 à 0,552,

Acide sulfurique..... 0,5502.

On a employé chaque fois 5 grammes de la substance.

Huit expériences par l'oxide de cuivre, $0^{gr},06$ pour chaque, ont donné, les extrêmes étant de 0,3231 à 0,3410,

Carbone..... 0,3305.

Par l'oxigène, procédé de Prout, la quantité moyenne de deux expériences coïncidentes, sur $0^{gr},1$ de matière, a été de

Hydrogène..... 0,05498.

La quantité d'eau obtenue dans l'analyse par l'oxide de cuivre, la moyenne de six expériences, les extrêmes étant de 0,550 à 0,5691, a été de..... 0,5576.

Cette quantité d'eau provient et de l'hydrogène uni au carbone et de celle des éléments de l'éther.

La composition du sulfate neutre d'hydrogène carboné peut donc être représentée par

		calculé	
2 at. acide sulfurique.....	10	=0,55173	=0,55173 acide sulfurique.
2 at. hydrog. bi-carboné..	3,500	=0,19310	0,33103 carbone.
1 at. éther.....	4,625	=0,25528	0,05517 hydrog. brûlé.
			0,06207 eau préexistant.
			1,0000.

		obtenu
Acide sulfurique.		0,5502.
Carbone.....		0,3305.
Eau 0,5576=	0,05517 hydrogène brûlé.	0,0549.
	0,06110 eau préexistant..	0,0611.

Le procédé de M. de Saussure, perfectionné par M. William Prout, est d'une application avantageuse dans une analyse telle que celle que nous avons faite de l'hydrogène carboné liquide et solide.

Cette méthode consiste à mettre en contact tout à la fois la matière à analyser et avec l'oxide de cuivre et avec l'oxigène en excès. Nous avons suppléé au défaut de l'appareil compliqué que nous n'avions pas à notre disposition, en employant simplement un tube assez long du diamètre ordinaire pour cette opération. On place la substance pesée et soigneusement mêlée avec l'oxide de cuivre, dans le milieu du tube, et les deux côtés sont remplis, sans tassement, d'oxide de ce métal.

On a deux éprouvettes à pied remplies de mercure, deux cloches graduées, et, pour chacune, un tube à branches verticales parallèles; le tout disposé de la même manière que MM. Gay-Lussac et Liebig l'ont indiqué pour l'analyse de l'argent fulminant (*Annales de Chimie et de Physique*, tom. xxv, pag. 291).

On adapte chaque bout du tube qui contient le mélange,

à chaque tube conducteur des deux cloches; puis on y fait passer une quantité suffisante d'oxigène; le niveau des deux cloches étant noté, on chauffe le tube horizontal en commençant par les extrémités pour arriver au centre; alors on presse doucement la cloche contenant l'oxigène pour lui faire traverser le tube et passer dans l'autre cloche; un aide la soulève à mesure qu'elle se remplit, et l'abaisse à son tour pour repousser le gaz de l'autre côté. On réitère un grand nombre de fois cette manœuvre, qui a pour but de faire circuler, comme on le ferait avec une vessie, l'oxigène sur l'oxide de cuivre fortement chauffé, afin de lui restituer tout l'oxigène qu'il a pu céder dans la combustion de la substance soumise à l'analyse. Après refroidissement, la pression et la température étant notées, on apprécie avec les précautions accoutumées la diminution ou l'augmentation de volume.

L'emploi de l'oxide de cuivre, toujours très-délicat, l'est bien davantage dans ce cas; il faut être bien assuré de sa pureté, surtout qu'il ne contienne pas de cuivre métallique. Il arrive quelquefois qu'en calcinant cet oxide, ce qui est indispensable, presque à tout moment, quand on s'en sert, quelques parcelles de matière végétale tombées dans le creuset opèrent la réduction de quelques parcelles d'oxide de cuivre; cette réduction, qui ne présente aucun inconvénient pour le procédé ordinaire, peut être ici la cause d'erreurs plus ou moins graves. Il faut donc s'assurer que l'oxide de cuivre est bien pur, en en soumettant, après la calcination, une petite quantité prise dans la masse, à l'action de l'acide nitrique qui, dans ce cas, sera nulle.

Quoi que l'exposé qui précède laisse à désirer, il présente néanmoins un ensemble de faits assez nombreux pour qu'on puisse en conclure,

1° Que dans l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool il ne se forme pas, ainsi qu'on l'avait cru, de l'acide hypo-sulfurique uni à de la matière végétale (acide sulfo-vinique);

2° Qu'il se produit dans cette circonstance une combinaison d'acide sulfurique en excès, d'hydrogène carboné et des éléments de l'eau dans les proportions qui constituent l'éther (bi-sulfate), lequel abandonne successivement, par l'ébullition, l'éther qu'il contient; conséquemment l'acide sulfurique a pris à l'alcool un atome d'eau; ce qui rentre, jusque-là seulement, dans la théorie de Fourcroy et de Vauquelin;

3° Que le bi-sulfate d'éther, dans la réaction qu'on observe plus tard, dans la même opération, perd la partie d'acide sulfurique qui le constituait acide, ou bien se sature d'hydrogène carboné produit dans cette circonstance, formant alors un sulfate neutre d'éther ou un sulfate double d'éther et d'hydrogène carboné dont une partie distille, tandis qu'une autre se décompose en donnant lieu à tous les produits connus qui apparaissent en même temps;

4° Que le sulfate neutre d'éther qui doit prendre place parmi les composés chimiques bien caractérisés, et qu'on pourrait assimiler aux éthers du troisième genre, est susceptible, par son exsiccation ou son séjour dans le vide, de prendre une belle couleur verte; qu'il passe, par son contact prolongé avec l'eau, à la température ordinaire, à l'état de bi-sulfate, en abandonnant la quantité d'hydrogène carboné qui le constituait neutre ou sulfate double, lequel hydrogène carboné ayant éprouvé dans sa combinaison une condensation de ses éléments, se maintient dans cet état même après sa séparation du composé dont il faisait partie, formant

de l'hydrogène carboné liquide (huile douce de vin) et de l'hydrogène carboné solide et cristallisé;

5° Que le bi-sulfate d'éther (acide sulfo-vinique) se transforme, par l'ébullition dans l'eau, sans dégagement d'aucun gaz, en acide sulfurique et en alcool;

6° Que les composés que le bi-sulfate d'éther est susceptible de former avec les bases, lesquelles, dans ce cas, remplacent l'hydrogène carboné, composés qu'on désigne sous le nom de *sulfo-vinates*, sont des sels doubles (1), qui, encore par leur ébullition dans l'eau, se transforment entièrement en alcool et en sulfate de la base avec excès d'acide; que ces mêmes sels, quand ils sont desséchés et soumis à l'action de la chaleur, se convertissent en acide sulfureux, hydrogène carboné, *sulfate neutre d'hydrogène carboné*,

(1) Rigoureusement parlant, si un sel double est un composé d'un même acide et de deux bases différentes formant deux sels neutres unis chimiquement, et pouvant cependant exister indépendants l'un de l'autre, les sulfo-vinates ne présentent pas absolument ce caractère des sels doubles, puisque nous n'avons pu obtenir isolément du sulfate d'éther purement neutre, c'est-à-dire saturer complètement le sulfate acide d'éther par de l'éther, mais seulement par de l'hydrogène carboné.

D'après cette considération, j'aurais voulu envisager le sulfate acide d'éther comme un acide particulier susceptible de se combiner tout entier aux bases, auquel on aurait conservé le nom d'*acide sulfo-vinique*, sans y attacher l'ancienne signification. Mais cette hypothèse ne pourrait se concilier avec ce qu'on observe dans la décomposition du sulfate neutre d'hydrogène carboné qui abandonne d'abord de l'huile douce, puis de l'alcool, laissant libre une quantité d'acide sulfurique qui était bien neutralisée par les deux corps qui s'en séparent, laquelle quantité est susceptible de saturer deux proportions d'une autre base.

plus ou moins d'alcool selon l'état de dessiccation du sel, et pour résidu du charbon et en sulfate de la base avec excès d'acide;

7° Que l'huile douce de vin et la matière cristalline qu'elle abandonne par le repos sont formées, ainsi que M. Hennell l'a dit, d'hydrogène et de carbone, dans le même rapport que celui où ces deux corps existent dans l'hydrogène bi-carboné;

8° Que l'éther sulfurique, dès les premiers temps de sa distillation, contient du bi-sulfate d'éther, et, plus tard, une plus ou moins grande quantité de sulfate neutre d'hydrogène carboné, produit dont on obtient le prompt isolement par l'évaporation de l'éther;

9° Enfin, qu'un moyen d'avoir du sulfate neutre d'hydrogène carboné, conséquemment de l'huile douce de vin, est de décomposer le sulfo-vinate de chaux comme le plus économique à préparer, en le chauffant dans une cornue, après l'avoir desséché, et recueillant le produit.

MÉMOIRE

SUR

L'action de différents acides sur l'iodate neutre de potasse ; iodates acides de cette base ou bi-iodate et tri-iodate de potasse. — Chloro-iodate de potasse. — Nouveau moyen d'obtenir l'acide iodique.

PAR M. SÉRULLAS.

Lu à l'Académie royale des Sciences, le 7 décembre 1829.

L'UN des travaux les plus importants de la chimie moderne, et qui ont le plus coopéré au développement de l'esprit philosophique qui dirige aujourd'hui dans les recherches chimiques, est, sans contredit, le Mémoire de M. Gay-Lussac sur l'iode. L'histoire de ce corps si curieux, dont les applications utiles s'étendent journellement, y est présentée avec une précision d'autant plus remarquable, qu'on se rappelle avec quelle rapidité ce travail a été exécuté. Par ce motif, l'auteur a été forcé, en quelques points, de se borner à des généralités qui, jusqu'à ce jour, sont restées dépourvues des expériences de détail qu'elles indiquent naturellement. C'est ainsi qu'il est dit (*Annales de Chimie*, tom. XCI, pag. 77), à l'occasion des iodates, que les *acides sulfurique, nitrique, phosphorique, ne peuvent avoir d'action sur eux, à une tempé-*

rature ordinaire, qu'autant qu'ils s'emparent d'une portion de la base. C'est l'étude plus spéciale que j'ai faite de cette action, qui a donné lieu aux observations qui font le sujet de ce Mémoire.

Bi-iodate de potasse.

Déja j'avais fait connaître (*Annales de Chimie et de Physique,* tom. XXI, pag. 179), que du chlorure d'iode dissous dans l'alcool, mêlé à une dissolution alcoolique de potasse, laissait précipiter de l'iodate acide de potasse; mais je n'avais pas déterminé les proportions dans lesquelles s'y trouvait l'acide. En voulant remplir cette lacune, j'ai été conduit à obtenir plus simplement et très-abondamment ce composé salin.

On y parvient en saturant incomplètement par une dissolution de potasse caustique ou carbonatée pure, une dissolution aqueuse de chlorure d'iode. Par le refroidissement, car il y a élévation de température, il se précipite une matière cristalline qui est un composé, à proportions définies, de chlorure de potassium et d'iodate acide de potasse; *chloro-iodate de potasse.*

Après avoir séparé, par décantation, ce dépôt cristallin, que l'on peut avoir plus abondamment par un repos prolongé, on le dissout, on le filtre, et on le place dans une étuve à 25. En vingt-quatre heures, si la dissolution est suffisamment étendue, vu le peu de solubilité du sel qui va se former, on a des cristaux très-réguliers et très-purs d'iodate acide de potasse, qui sont des prismes droits, rhomboïdaux, terminés par deux sommets dièdres : 75 parties d'eau en dissolvent une de bi-iodate, à la température de 15°.

On achève la saturation de la liqueur décantée pour retirer, à la manière accoutumée, de l'iodate neutre.

Analyse du bi-iodate de potasse.

Le bi-iodate de potasse a été parfaitement desséché, jusqu'à ce point qu'il ne se montrait plus d'eau dans le tube où s'opérait la dessiccation, qui n'est complète qu'au moment où de légères vapeurs violettes apparaissent.

5 décig. ont été placés dans un petit tube de verre soigneusement pesé, puis chauffés graduellement jusqu'au rouge. Après la disparition des vapeurs violettes et la cessation du dégagement d'oxigène, le résidu, maintenu un certain temps en fusion, a été très-exactement et constamment de

Iodure de potassium..... $2^{décig.},10$,

lequel, pour contre-épreuve, traité par le nitrate d'argent, a fourni

Iodure d'argent..... 3,00.

5 décig. ont été chauffés dans un tube courbé, fermé par un bout, et dont l'extrémité ouverte plongeait dans un verre contenant une dissolution légère de potasse caustique. L'iode volatilisé s'est condensé et dans l'eau, et dans une partie du tube d'où il a été enlevé par l'eau de potasse, et ainsi converti en iodure de potassium; on y a versé une ou deux gouttes d'acide sulfureux pour faire passer à l'état d'iodure le peu d'iodate qui a dû se former, puis du nitrate d'argent qui a produit un précipité d'iodure d'argent, qu'on a lavé d'abord à l'eau acidulée avec de l'acide nitrique, pour dissoudre la petite quantité de sulfate d'argent, et l'oxide de ce métal

mis en liberté par l'excès de potasse, enfin à l'eau pure; le résidu sec était de

Iodure d'argent..... $3^{décig.}$,00.

5 décig. dissous dans l'eau, traités directement par l'acide sulfureux, par le nitrate d'argent, le précipité lavé, comme précédemment, à l'acide nitrique léger, puis à l'eau, a donné

Iodure d'argent..... 6,150.

Le calcul, dans la supposition que l'iodate acide est formé de 1 atome de potasse et de 2 atomes d'acide, donne très-approximativement les mêmes chiffres que ceux établis ci-dessus par l'expérience:

Car l'iodate neutre contient

1 atome de potasse.....	22,246;
1 atome d'acide iodique.....	77,754.
En ajoutant 1 atome d'acide.....	77,754,
on aura.....	177,754.

Donc 5 sont formés de

Potasse.....	0,6256;
Acide iodique.....	4,3735.
	4,9991.
Ce dernier renferme iode.....	3,3132.
Laquelle quantité s'unit à argent.....	2,9560.
Iodure d'argent.....	6,2288.

On a obtenu, dans la précipitation totale de l'iode, en agissant directement par acide sulfureux, nitrate d'argent, etc..... 6,1500.

Et séparément,

1° Pour résidu de la décomposition par

la chaleur..... 3,00;

2° Pour la partie d'iode volatilisée et condensée dans la même opération..... 3,00.

Il résulte très-évidemment de ces expériences, répétées un très-grand nombre de fois, que l'analyse de l'iodate neutre de potasse, faite par M. Gay-Lussac, est très-rigoureusement exacte; et que l'iodate acide dont il est maintenant question, est bien formé de 1 atome de potasse et de 2 atomes d'acide; c'est-à-dire qu'il contient le double d'acide que l'iodate neutre, et qu'il est conséquemment un bi-iodate.

Tri-iodate de potasse.

Lorsqu'on fait agir les acides sulfurique, nitrique, phosphorique, hydro-chlorique, hydro-fluorique silicé, sur l'iodate neutre de potasse, une portion de la base lui est enlevée, et il en résulte un iodate acide, mais qui contient deux fois plus d'acide que l'iodate neutre: sa forme cristalline est généralement rhomboïdale.

Pour obtenir cet iodate acide, on doit préférer l'acide sulfurique. On chauffe une dissolution d'iodate neutre de potasse avec un grand excès d'acide sulfurique. Après filtration, la dissolution, qui ne doit pas être concentrée, est abandonnée à elle-même, préférablement dans une étuve à 25°. Il se forme assez promptement des cristaux rhomboïdaux d'une admirable régularité, d'une parfaite transparence, qui sont du tri-iodate de potasse très-pur; car l'iodure résultant de sa décomposition par la chaleur, chauffé ensuite avec de l'acide nitrique pour expulser l'iode, laisse un résidu qui, dissous, n'a pas donné, par les sels barytiques, de traces d'acide sulfurique.

Un caractère qui distingue le tri-iodate du bi-iodate, indépendamment de la forme cristalline différente, c'est la propriété qu'a le premier de prendre, avec le temps, une légère couleur rougeâtre : 25 parties d'eau, à la température de 15°, en dissolvent 1 de tri-iodate.

Il est bien entendu qu'on peut très-aisément obtenir le tri-iodate de potasse, en versant directement de la potasse dans un très-grand excès d'acide iodique, et le soumettant à la cristallisation.

Analyse du tri-iodate de potasse.

5 décig., toujours bien desséchés, chauffés fortement dans un tube de verre, la matière tenue en fusion, etc., comme pour le précédent, a laissé pour résidu :

Iodure de potassium..... $1^{décig.},5$;

lequel résidu, traité par le nitrate d'argent, a donné :

Iodure d'argent..... 2,1.

Le calcul, en admettant sa composition de 1 atome de potasse et 3 atomes d'acide iodique, donne :

Iodure de potassium. 1,5145 = iode..... 1,1473;
potassium. 0,3672;

ou

Iodure d'argent..... 2,1569 = iode..... 1,1473;
argent.... 1,0096.

5 décig. en dissolution, traités directement par l'acide sulfureux, nitrate d'argent, etc., ont produit :

Iodure d'argent..... 6,450.

D'après le calcul, le tri-iodate de potasse est formé, sur

100 parties, de

Potasse.....	8,76—1 atome;
Acide iodique.....	91,29—3 atomes;

lequel contient 69,15 d'iode; conséquemment, pour $5^{déci.}$, on a :

Iode.....	$3^{déci.}$,4575;
Argent.....	3 ,0425.
	6 ,500.
L'expérience a donné.....	6 ,450.

Le tri-iodate de potasse, dissous et cristallisé, passe à l'état de bi-iodate. Si la dissolution est concentrée, il se forme encore, après la première cristallisation du bi-iodate, des cristaux rhomboïdaux de tri-iodate.

Chloro-iodate de potasse, et sulfo-iodate de la même base.

On a vu que les acides sulfurique, nitrique, phosphorique, hydro-chlorique, hydro-fluorique silicé en agissant sur l'iodate neutre de potasse, enlèvent une portion de la base, et donnent, par la cristallisation, du tri-iodate de potasse; j'ai voulu voir, d'après ce qu'on a dit de la faculté de l'acide iodique de former un acide double avec d'autres acides, si, en concentrant cette même dissolution d'iodate neutre, à laquelle un acide aurait été ajouté, on pourrait obtenir des composés salins, où se trouveraient les deux acides en proportions constantes. Les essais que j'ai faits, consistaient à dissoudre et chauffer ensemble de l'iodate de potasse neutre ou acide avec l'un des sels à base de potasse que je voulais y associer, et aiguisant fortement la liqueur

avec du même acide que celui contenu dans le sel ajouté, c'est-à-dire, avec de l'acide sulfurique ou phosphorique, si c'était du sulfate ou du phosphate. Je n'ai pas reconnu d'une manière positive la combinaison qu'on supposait devoir se produire.

Toutefois, on peut obtenir une combinaison de sulfate et d'iodate de potasse; il suffit de concentrer, jusqu'à un certain point, les eaux-mères desquelles on a séparé le tri-iodate de potasse qu'on a produit par l'action de l'acide sulfurique sur l'iodate de potasse neutre; il se forme des cristaux transparents très-réguliers, que je considère comme une combinaison, quoique singulière, de bi-sulfate de potasse et de bi-iodate de la même base, mon opinion étant fondée sur l'examen que j'en ai fait, et dont voici les résultats.

5 décig., chauffés dans un tube, ont donné d'abondantes vapeurs violettes et de l'oxigène, et ont constamment laissé pour résidu :

Sulfate neutre de potasse (sans aucune trace d'iodure)..... 1,7 = potasse. 0,918; acide. 0,790.

Représentant, par soustraction de la moitié de la potasse, sulfate acide..... 1,241.

Il paraîtrait que la moitié de l'acide sulfurique du bi-sulfate s'empare de la base du bi-iodate pour constituer le sulfate neutre, et que l'acide iodique est décomposé.

L'analyse suivante coïncide avec cette façon de voir; car 5 déci. sulfo-iodate de potasse, traités par l'acide sulfureux, puis par le nitrate d'argent et l'ammoniaque, ont

donné :

	iode.....	2,34;
Iodure d'argent.....	4,4=	
	argent...	2,06;

Iode 2,34 + oxig. 0,748 = acide iodique..... 3,088.
Acide iodique 3,088 + potasse 0,440 = bi-iodate. 3,528.
Sulfate acide de potasse ci-dessus..... 1,241.

4,769.

On aurait dû trouver acide iodique..... 3,221.
Pour saturer la moitié de la potasse du sulfate,
laquelle moitié est de..... 0,459.
Plus sulfate acide..... 1,241.

4,921.

La différence peut donc être attribuée aux erreurs d'analyse.

D'un autre côté, si l'on dissout une portion de sulfo-iodate de potasse, il abandonne, par la cristallisation, du bi-iodate pur, et la liqueur acide, évaporée à siccité et chauffée assez fortement pour décomposer le bi-iodate qui peut s'y trouver, laisse un résidu de sulfate acide.

Le composé salin double qui résulte de l'action de l'acide hydro-chlorique sur l'iodate de potasse, et dont il a été question au commencement, c'est-à-dire, le chloro-iodate de potasse, est bien caractérisé et facile à isoler de tout mélange.

On l'obtient en saturant incomplètement par la potasse caustique ou carbonatée une dissolution de chlorure d'iode, la filtrant et l'abandonnant à elle-même; il se forme, par l'évaporation spontanée, en très-peu de temps, si la liqueur

n'est pas très-étendue, des cristaux qui sont tantôt des prismes déliés, brillants et transparents, tantôt des lames hexagonales; mais le plus fréquemment on les a sous forme de prismes droits quadrangulaires, dont les quatre arêtes longitudinales sont remplacées par des plans terminés par des sommets à quatre faces. Exposés à l'air, ils perdent bientôt leur transparence. En dissolution, ils manifestent une réaction acide sur le tournesol, comme les iodates acides. La diversité des formes cristallines dépend du point variable de concentration de la liqueur. 18 à 20 parties d'eau, à la température de 15, en dissolvent 1 de chloro-iodate.

En soumettant à l'ébullition un mélange d'hydro-chlorate de potasse et d'iodate acide de la même base, concentrant même la liqueur, on n'obtient pas de chloro-iodate; l'iodate acide moins soluble se sépare pur.

La formation du chloro-iodate, dans le cas indiqué, n'a lieu que sous la prédominance de l'acide hydro-chlorique, qui produit tout à la fois l'hydro-chlorate et l'iodate acide de potasse, circonstance favorable à leur union, le premier jouant probablement le rôle de base relativement à l'autre.

Analyse de chloro-iodate de potasse.

5 décig. de chloro-iodate de potasse chauffés fortement dans un tube de verre, ont constamment laissé pour résidu..... $3^{déci.},3$;

quelle que fût la manière dont il avait été obtenu, ce qui démontre une composition à proportion fixe.

Dans cette décomposition par la chaleur, du chlore se dégage en premier lieu avec une petite quantité d'iode

formant du chlorure, puis quelques vapeurs violettes. On avait d'abord reçu ces produits dans l'eau de potasse pour en constater la quantité ; mais l'iodure de potassium restant dans le tube retient une petite quantité de chlorure. Cette séparation incomplète du chlore et la volatilisation partielle de l'iode, quoique très-petites l'une et l'autre, exigeaient des opérations multipliées, en sorte que j'ai renoncé à ce moyen d'appréciation qui ne pouvait guère, du reste, m'éclairer sur l'arrangement positif des éléments.

Je me suis borné à reconnaître les quantités totales d'iode et de chlore contenues dans le composé.

5 décig., traités encore par l'acide sulfureux, le nitrate d'argent, l'ammoniaque, l'acide nitrique, etc., ont donné :

		iode....	2,7100.
Iodure d'argent.....	5,1=		
		argent..	2,3900.
		chlore..	0,3698.
Chlorure d'argent.....	1,5=		
		argent..	1,1302.

En supposant tout le chlore combiné au potassium et tout l'iode uni à la potasse sous forme d'acide iodique, constituant ainsi un composé de chlorure de potassium et de biiodate de potasse, on arrive à des chiffres qui rendent cette composition extrêmement probable; car on a eu pour précipitation entière de l'iode et du chlore :

		iode....	2,7100 ;
1° Iodure d'argent.....	5,100=		
		argent..	2,3900 ;
ou			
		iode....	2,7100 ;
Acide iodique.....	3,577=		
		oxigène.	0,8670 ;

Bi-iodate de potasse.	4,0887=	acide...	3,5770;
		potasse.	0,5117.
2° Chlorure d'argent.....	1,500=	chlore..	0,3698;
		argent..	1,1302;

ou

Chlorure de potassium.	0,7806=	chlore..	0,3698;
		potassium	0,4108.

Ainsi le chloro-iodate de potasse serait formé de

Chlorure de potassium.....	0,7806;
Bi-iodate de potasse.....	4,0887.
	4,8693.

Voici ce qui a lieu dans l'action du feu sur le chloro-iodate de potasse. On sait, d'après M. Gay-Lussac, que le chlore ne décompose pas les iodates.

Par une chaleur bien inférieure à celle à laquelle se décompose l'acide iodique, ce qui a lieu dans les premiers moments, cet acide chasse le chlore en se décomposant en partie pour fournir les 0,84 (à peu près) d'oxigène nécessaire à l'oxidation des 0,4108 de potassium du chlorure; car il n'y a pas d'oxigène de dégagé à cette époque; ce qui explique la volatilisation de la portion d'iode, et l'existence d'un peu de chlorure dans le résidu.

Par la chaleur plus forte, les deux proportions d'iodate neutre formées simultanément par le transport du deuxième atome d'acide sur le potassium du chlorure, passent à l'état d'iodure en abandonnant leur oxigène.

On trouve également que la somme des substances volatilisées est en rapport avec cette réaction, et forme, à peu de chose près, la perte de $1^{deci.},7$ qu'on a constamment eue sur 5 décig.

Oxigène de l'acide iodique..... 0,8670;
Chlore..... 0,3698;

(La quantité pondérable de chlore restante est très-petite.)

Oxigène des 0,5117 de potasse..... 0,0870;
Iode de l'acide décomposé..... 0,2710.

1,5948.

On peut produire artificiellement et très-exactement les phénomènes de la décomposition du chloro-iodate de potasse et de chlorure de potassium. Les deux substances dans les proportions qu'on a supposées plus haut former le chloro-iodate, sont triturées ensemble dans un mortier de verre avec quelques gouttes d'eau pour opérer le mélange le plus exactement possible. La matière étant ensuite desséchée et chauffée dans un tube de verre, il se dégage, comme avec l'autre, du chlore mêlé de chlorure d'iode, quelques vapeurs violettes, et le résidu d'iodure de potassium, qui ne contient presque pas de chlorure, est dans le même rapport que celui trouvé pour le chloro-iodate naturel.

En considérant l'apparition du chlorure d'iode par suite de la chaleur appliquée au chloro-iodate de potasse, et la légère couleur rougeâtre que prend quelquefois avec le temps ce chloro-iodate comme le per-iodate de potasse; considérant aussi que la formation de ce dernier avait lieu par l'action des acides sur l'iodate neutre, j'avais pensé que ce per-iodate

aurait pu faire partie du chloro-iodate au lieu du bi-iodate. On aurait dû admettre alors que tout l'iode du 3e atome d'acide iodique aurait formé le chlorure d'iode qui apparaît dans la décomposition par la chaleur du chloro-iodate ; mais, ainsi qu'il a été observé, la quantité d'iode volatilisée et recueillie est loin de représenter cet atome. Du reste, les chiffres s'éloignent, dans cette supposition, encore plus du nombre 5 qu'on a pris pour unité, puisqu'on aurait :

Per-iodate de potasse.....	3,9213;
Chlorure de potassium.....	0,7806.
	4,7019.

Sur l'iodate de soude.

On n'obtient pas d'iodate acide de soude, ni conséquemment du chloro-iodate de cette base.

J'ai saturé, par la soude caustique (on peut employer la soude carbonatée), du chlorure d'iode de la même manière que pour l'iodate acide de potasse; c'est-à-dire, en laissant un excès d'acide ; il n'y a pas eu de précipité, ni de cristallisation, même par un long repos, comme cela a lieu très-promptement dans la saturation incomplète de ce même chlorure par la potasse, les circonstances étant égales.

Pour reconnaître la nature de la combinaison saline qui s'était opérée dans ce cas, j'ai versé dans la dissolution de chlorure d'iode, incomplètement saturée par la soude, de l'alcool concentré; le précipité très-abondant auquel cette addition donne lieu, a été séparé en le jetant sur une toile grossière fixée sur un châssis, l'y lavant à l'alcool, jusqu'à ce que celui-ci cessât d'être coloré et ne rougît plus le papier de tournesol ; exprimant ensuite fortement.

La matière saline qu'on a obtenue a été dissoute dans l'eau, filtrée, puis concentrée convenablement, et placée dans une étuve à 25. La liqueur, devenue très-légèrement acide, a fourni, en vingt-quatre heures, de l'iodate neutre de soude absolument pur, en cristaux très-volumineux sous forme de prismes droits, transparents, à huit pans, terminés par une pyramide hexaèdre, et qui s'effleurissent à l'air. Par une plus grande concentration, on a des prismes longs et déliés. Après la séparation de ces cristaux, le liquide a été soumis de nouveau à l'évaporation et à la cristallisation. La petite quantité d'eau-mère à laquelle il a été réduit, ne contenait que très-peu d'hydro-chlorate de soude, et plusieurs fois on n'en a pas trouvé; cet hydro-chlorate reste en dissolution dans la liqueur alcoolique primitivement séparée, et l'évaporation à siccité de cette liqueur a fait voir qu'il ne s'y trouvait pas en quantité proportionnelle à celle de l'iodate.

Nouveau moyen d'obtenir l'acide iodique.

Le procédé de Davy pour la préparation de l'acide iodique, quoique exact, est non-seulement très-incommode pour la santé, mais souvent dangereux par l'explosion de l'appareil (1). En outre, la quantité qu'on en obtient est extrêmement petite relativement à la quantité des matériaux employés.

(1) Si, pour obtenir l'acide iodique par l'oxide de chlore, on emploie l'iode du commerce sans purification, on a un produit très-impur. C'est ainsi que j'ai trouvé dans l'acide iodique, préparé par ce moyen, des quantités notables d'iodate acide de potasse; enfin toutes les substances étrangères de la masse d'iode employée restent mêlées à la petite quantité d'acide iodique obtenue.

Il n'est certainement aucun de ceux qui ont été dans le cas de préparer cet acide, qui n'ait désiré un autre moyen exempt de ces inconvénients, assez grands pour que l'acide iodique, fort intéressant comme corps chimique, ne se trouve que rarement dans la plupart des laboratoires. On pourra désormais se le procurer aisément par le procédé que je vais indiquer.

J'avais d'abord espéré d'isoler l'acide iodique en séparant la potasse de l'iodate neutre par un grand excès d'acide hydro-fluorique silicé, que nous savons, d'après le beau travail de M. Berzelius sur les hydro-fluates (1), pouvoir être facilement volatilisé sans résidu, à une chaleur de 40°; mais, comme on l'a vu précédemment, on ne peut, par ce moyen, enlever à l'iodate neutre de potasse qu'une partie de la base, et l'amener à l'état de tri-iodate rhomboïdal.

La propriété que je venais d'observer dans la soude, de ne pas former, comme la potasse, un iodate acide, me fit penser que je pouvais réussir à précipiter tout l'alcali, en faisant agir ce même acide hydro-fluorique silicé sur l'iodate de soude; c'est à quoi je suis parvenu en effet.

On chauffe une dissolution d'iodate de soude avec un excès d'acide hydro-fluorique silicé. La liqueur étant suffisamment rapprochée et bien refroidie, on sépare le dépôt de fluate double de silice et de soude. On continue l'évaporation par une légère ébullition, en ajoutant une certaine quantité d'eau de temps en temps, jusqu'à ce que tout l'acide hydro-fluorique silicé soit volatilisé; ce qui exige un certain temps, et

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVII, p. 293.

ce qu'on reconnaît à la disparition de l'odeur caractéristique de cet acide, dans le moment où le liquide assez concentré est encore en ébullition; on n'a à craindre aucune réaction sur l'acide iodique.

Le liquide, réduit en consistance sirupeuse, est, après le refroidissement, versé sur un filtre. L'acide s'écoule lentement, abandonnant la petite quantité de fluate double qu'il avait retenu; on l'amène ensuite sans peine sous forme solide par une très-douce chaleur.

Ce procédé, dont l'exécution est très-facile, donne beaucoup d'acide iodique, puisque l'iodate de soude en contient les trois quarts de son poids, 75 parties sur 100; seulement il n'est pas d'une pureté absolue, mais suffisante pour le plus grand nombre de cas où il est susceptible d'être employé; car un gramme de cet acide décomposé par la chaleur dans un tube, a laissé pour résidu 1 centigramme, et d'autres fois 1 centigramme et $\frac{1}{2}$, ce qui fait un 100^{e} et un 75^{e}.

Dans un autre Mémoire, où je continue l'étude de l'acide iodique dans ses rapports avec d'autres corps qui n'avaient pas encore été soumis à son action, je ferai voir, entre autres, qu'on peut obtenir l'acide iodique parfaitement cristallisé.

En résumant les faits exposés dans ce Mémoire, on voit:

1° Qu'il existe deux iodates acides de potasse.

Un bi-iodate formé de 1 atome de potasse, et de 2 atomes d'acide,

Un tri-iodate contenant 1 atome de potasse, et 3 atomes d'acide.

Le premier est produit dans la saturation incomplète du chlorure d'iode par la potasse, sous forme d'un composé cristallin double qui, étant séparé, dissous et cristallisé, donne le bi-iodate.

L'autre résulte de l'action de l'un des acides suivants, sulfurique, nitrique, phosphorique, hydro-chlorique et hydro-fluorique silicé sur l'iodate neutre de potasse; l'acide sulfurique doit être préféré; ou bien en saturant directement par la potasse de l'acide iodique, celui-ci étant en très-grand excès.

2° Qu'il y a formation, dans la saturation incomplète du chlorure d'iode par la potasse, conséquemment sous l'influence de l'excès d'acide hydro-chlorique, d'un composé double bien cristallisé, à proportions définies, de chlorure de potassium et d'iodate acide de potasse.

3° Qu'il n'existe pas d'iodate acide, ni de chloro-iodate de soude.

4° Qu'on peut substituer, avec un grand avantage, au procédé de Davy, pour obtenir l'acide iodique par l'oxide de chlore et l'iode, celui de précipiter la soude de l'iodate de cette base, au moyen de l'acide hydro-fluorique silicé, dont l'excès est volatilisé dans l'opération.

RECHERCHES

SUR

QUELQUES COMPOSÉS D'IODE.

1° Observation sur le chlorure d'iode;

2° Action mutuelle de l'acide iodique et de la morphine ou de ses sels;

3° Acide iodique cristallisé. — Non-existence des acides iodo-sulfurique, iodo-nitrique et iodo-phosphorique;

PAR M. SÉRULLAS.

Observation sur le chlorure d'iode.

LE beau travail de M. Gay-Lussac sur l'iode nous offre encore aujourd'hui, après quinze ans que les chimistes y puisent, plusieurs aperçus généraux qui peuvent servir de base à des recherches intéressantes pour la science. Quelques corps, du grand nombre de ceux que nous avons connus là pour la première fois, sont susceptibles, ainsi que je l'ai déja dit à l'occasion de mon Mémoire sur les iodates acides de potasse, d'être étudiés avec plus de développements que l'auteur n'a pu en donner, faute de temps. L'examen nouveau que j'ai fait du chlorure d'iode m'a fourni l'observation suivante.

Le chlorure d'iode dissous dans l'eau, même très-étendu, peut être précipité de cette dissolution par l'acide sulfurique qui doit être ajouté en assez grande quantité, par intervalles, en tenant le vase refroidi dans l'eau, pour éviter une trop grande élévation de température. Le chlorure d'iode

se sépare sous forme d'une matière blanchâtre caillebotée, et qui passe, en prenant de la cohésion, à la couleur jaune, caractère du perchlorure.

Le chlorure d'iode, précipité de la dissolution aqueuse par l'acide sulfurique, étant chauffé au milieu du liquide où il se trouve, se dissout, et il se précipite de nouveau par le refroidissement; quand, au contraire, on le distille à une douce chaleur, le perchlorure se volatilise, et vient se condenser dans le col de la cornue.

La question de savoir si le chlorure d'iode dans l'eau est une simple dissolution, ou si par son contact avec ce liquide, il se transforme en acide hydrochlorique et en acide iodique, n'est pas franchement décidée. J'ai incliné, par des motifs que j'ai donnés dans le temps, pour cette dernière opinion, malgré que la décomposition mutuelle de l'acide iodique et de l'acide hydrochlorique rendait l'autre façon de voir plus probable; à moins, ce que je crois également, qu'elle ne se trouve à l'état de chlorure lorsque la liqueur a une certaine concentration, et à l'état d'acide iodique et d'acide hydrochlorique quand elle est étendue.

La propriété que je viens de reconnaître à l'acide sulfurique de précipiter le chlorure d'iode de sa dissolution dans l'eau, m'a conduit à voir si on obtiendrait une semblable précipitation d'une dissolution d'acide iodique et d'acide hydrochlorique. Effectivement, l'acide sulfurique, versé dans le mélange, donne lieu à la précipitation du chlorure d'iode identique avec celui qui se sépare dans le premier cas.

Ainsi, il est bien évident qu'il y a décomposition des deux acides, que l'acide sulfurique détermine la formation d'eau et du chlorure d'iode.

Une pareille décomposition s'effectue par le simple contact des deux acides, l'un et l'autre secs.

On introduit, dans un flacon plein de gaz acide hydrochlorique sec, de l'acide iodique en poudre. L'action est prompte ; elle se manifeste par une vive ébullition au contact de l'acide iodique; il y a développement de chaleur, et formation de chlorure d'iode, qui, d'abord liquide, se cristallise par le refroidissement sous forme de très-longues aiguilles, partie en masse au fond et partie sur les parois du vase ; ce qui peut dépendre de la présence d'un excès d'acide hydrochlorique.

Le chlorure d'iode reste solide jusqu'entre 15 et 20 degrés au-dessus de zéro, et il se liquéfie de 20 à 25.

L'observation consignée dans cette note m'a paru importante en ce qu'elle démontre positivement :

1° Qu'il peut y avoir formation de chlorure d'iode par le contact des acides iodique et hydrochlorique même dissous ; ce qu'on ne faisait que présumer seulement d'après l'analogie qui existe entre les propriétés de cette dissolution et celle du chlorure d'iode, aucune expérience directe n'ayant été faite jusqu'ici à cet égard ;

2° Que la production du chlorure d'iode, dans cette circonstance, établit bien que c'est un composé à proportions définies, et que la composition qu'on lui assigne serait exacte ;

3° Que le chlorure d'iode, dissous dans l'eau, ne changerait pas d'état, du moins à un certain degré de concentration ;

4° Enfin, en ce que la propriété remarquable qu'a l'acide sulfurique de précipiter de sa dissolution aqueuse un corps déliquescent comme le chlorure d'iode, ne peut manquer de recevoir quelques autres applications, ainsi que je l'ai déja fait pour la cristallisation de l'acide iodique.

De l'action mutuelle de l'acide iodique et de la morphine, ou de l'acétate de cette base.

Si l'on met en contact, à la température ordinaire, de l'acide iodique dissous avec un seul grain de morphine ou d'acétate de cette base, la liqueur se colore fortement en rouge-brun, et il s'exhale une odeur très-vive d'iode. La centième partie d'un grain d'acétate de morphine suffit pour produire cet effet d'une manière encore très-sensible; l'action est très-prompte, si la liqueur est un peu concentrée; elle est plus lente quand elle est étendue; mais elle n'est pas moins appréciable au bout de quelques instants, même dans sept mille parties d'eau.

La quinine, la cinchonine, la vératrine, la picrotoxine, la narcotine, la strychnine et la brucine, soumises aux mêmes épreuves, n'agissent aucunement sur l'acide iodique; tandis que la plus petite quantité de morphine, ou de son acétate, qu'on ajoute à ces substances, devient évidente par les changements qu'on a indiqués, c'est-à-dire, odeur et couleur caractéristiques de l'iode.

Aujourd'hui, en médecine légale, tout le monde est d'accord que les indications données par les réactifs ne sont pas suffisantes pour prononcer sur l'existence de tel ou tel corps, sauf le petit nombre de cas où ces indications résultent de composés bien caractérisés. Toutefois les réactifs sont des moyens auxiliaires plus ou moins importants, qu'on doit toujours accueillir, afin d'en tirer des lumières qui peuvent mettre sur la voie de recherches plus positives.

Je signale en conséquence l'acide iodique comme un réactif extrêmement sensible, ponr déceler la présence de la mor-

phine libre ou combinée avec les acides acétique, sulfurique, nitrique et hydrochlorique, non-seulement isolément, mais encore en mélange avec les autres alcalis végétaux ; attendu que ceux-ci n'ont pas d'action sur l'acide iodique ; ou, s'ils en ont une, elle ne ressemble aucunement à celle qu'exerce la morphine dans la même circonstance.

Pour rendre plus apparent l'iode mis en liberté dans l'expérience, on peut commencer par triturer, avec un peu de gelée d'amidon, la petite quantité de liquide contenant la morphine ou ses sels, et on y ajoute quelques gouttes de la dissolution d'acide iodique qui développe aussitôt la couleur bleue.

Ce moyen peut servir également à reconnaître l'opium dans ses préparations ; car quelques gouttes de laudanum ou d'une dissolution aqueuse d'opium, mêlées à de la colle d'amidon, puis à de la dissolution d'acide iodique, donnent aussitôt la couleur bleue.

Les iodates acides de potasse, et les composés que j'ai désignés sous les noms de *chloro-iodate* et *sulfo-iodate de potasse*, agissent, comme l'acide iodique, sur la morphine ; ce qui viendrait à l'appui de l'opinion que j'ai émise relativement à la composition de ces deux derniers, puisque l'iodate neutre ne produit pas le même effet. Mais, si on ajoute une ou deux gouttes d'acide sulfurique à la dissolution d'iodate neutre de potasse mêlé à la morphine et à la gelée d'amidon, la couleur bleue se manifeste à l'instant, parce que de l'acide iodique est mis en liberté.

Que se passe-t-il dans l'action réciproque de l'acide iodique et de la morphine ? Il y a évidemment de l'acide iodique décomposé, puisqu'une grande quantité d'iode est mise à nu.

Le mélange d'acide iodique et de morphine, étendu d'eau, reste coloré en rouge-brun avec un dépôt de même couleur qui, après un certain temps d'exposition à l'air, passe, ainsi que la liqueur, au jaune-clair, par suite de la volatilisation de l'iode. La partie dissoute dans le liquide surnageant reparaît, par une évaporation spontanée, avec un aspect cristallin et sous forme de poudre jaune quand elle est réunie.

Propriétés de la matière jaune. Elle est peu soluble; elle fuse sur les charbons incandescents; chauffée dans un tube, elle se décompose tout-à-coup avec une espèce d'explosion, à une température de 125 à 130 degrés. Outre les produits gazeux qui s'échappent, de l'iode et du charbon restent dans le tube avec une petite quantité de matière brune qui se dissout dans l'ammoniaque, à laquelle elle donne sa couleur.

Dans l'eau, elle prend, en quelques minutes, une couleur rose, qui se fonce par de l'iode mis en liberté; toutefois la couleur rose ne dépend pas de l'iode, car on peut enlever ce dernier, soit en l'agitant avec de la colle d'amidon et filtrant, soit au moyen de quelques gouttes d'ammoniaque, soit enfin avec un peu d'acétate de morphine, la liqueur reste toujours rose. Si l'on mêle d'abord l'acétate de morphine et la matière jaune dans l'eau, il n'y a aucun changement apparent; le liquide reste incolore.

L'acide sulfureux versé dessus en sépare de l'iode, qui se dissout si on ajoute un excès d'acide. La potasse, et mieux l'ammoniaque, font passer au rose très-beau cette dissolution que l'acide sulfureux rend de nouveau incolore; ce que l'on peut reproduire alternativement.

L'acide sulfurique étendu n'a pas d'action sensible sur la matière jaune; quand il est concentré, il en sépare de l'iode.

La présence d'un iodure et d'un iodate explique l'action de ces deux acides.

Il est bien entendu qu'avant de soumettre la matière jaune aux expériences, elle doit être lavée jusqu'à l'enlèvement entier de l'acide iodique, qu'on ajoute toujours en excès sur la morphine ou son acétate, pour être sûr que l'action est bien complète.

La déflagration de la matière jaune sur les charbons incandescents, sa décomposition subite à une température peu élevée, la séparation d'iode que détermine l'acide sulfureux mis en contact avec elle, indiquent l'existence d'un iodate, mais qui serait mêlé à de l'iodure; car on ne peut guère supposer qu'il se soit formé de l'acide iodeux.

Il s'agit de savoir si c'est la morphine qui en fait la base, ou une nouvelle matière végétale qui serait résultée de l'élimination de l'un ou d'une partie de l'un des principes constituants de la morphine; dans ce cas, le principe enlevé doit être de l'hydrogène qui s'unit à l'oxigène de l'acide iodique, aucun dégagement de gaz n'ayant lieu. La morphine subirait une modification dans sa constitution chimique; car il serait difficile d'admettre que, dans la même circonstance, l'acide iodique et la morphine se décomposassent partiellement, tandis que d'autres parties s'uniraient sans altération à l'état d'iodate.

Il est donc bien probable que, par l'action de l'acide iodique, la morphine est transformée en une nouvelle substance qui se combine, et avec de l'iode et avec de l'acide iodique non décomposé, formant, dans leur réunion, le nouveau composé jaune qui, étant peu soluble, se sépare.

Il est nécessaire de se procurer, ce que je me propose de

faire, des quantités un peu notables de la substance jaune résultant de l'action de l'acide iodique et de la morphine, afin de l'examiner, et tâcher d'éclaircir la réaction qui a lieu dans ce cas, réaction qui peut être très-compliquée en raison de la nature azotée de la morphine.

Acide iodique cristallisé; non-existence des acides iodo-sulfurique, iodo-nitrique, iodo-phosphorique.

Dans le Mémoire que j'ai eu l'honneur de lire dans l'une des dernières séances de l'Académie, j'ai fait connaître, entre autres faits nouveaux, un procédé pour obtenir facilement l'acide iodique. A cette occasion, j'ai parlé de la possibilité de l'avoir cristallisé, sans entrer dans des détails sur le moyen que j'avais employé, parce que je n'étais pas entièrement éclairé à ce sujet, n'ayant fait qu'un seul essai le jour même de ma lecture.

Aujourd'hui je puis présenter cet acide iodique parfaitement cristallisé, ce à quoi on ne pensait pas pouvoir parvenir; en sorte qu'on ne l'a eu jusqu'à présent que sous forme de poudre blanche, à laquelle on le réduit par l'évaporation à siccité de sa dissolution.

Je décris succinctement les moyens que j'emploie, les uns comme faits chimiques à noter, et les autres comme procédés d'une exécution extrêmement simple, et auxquels on doit s'arrêter pour la pratique.

Premier. L'acide iodique étant d'abord obtenu par l'action de l'acide hydrofluorique silicé sur l'iodate de soude, on le dissout dans l'eau pour y mêler une certaine quantité d'acide hydrofluorique simple; on filtre, afin de séparer une matière

blanche qui se précipite, et on abandonne le mélange dans une étuve.

Les cristaux, qui sont des lames hexagonales paraissant dériver d'un octaèdre, séparés du liquide restant, retiennent encore un peu d'acide hydrofluorique; mais une légère chaleur le volatilise : il suffit de placer ces cristaux sur du papier et de les chauffer.

Il est bien entendu que, pour ces différentes opérations, les entonnoirs et les capsules dont on se sert doivent être recouverts d'une couche de cire pour soustraire le verre à l'action de l'acide hydrofluorique.

Second. Une dissolution d'acide iodique, étendue et mêlée d'acide sulfurique, abandonne, par une évaporation spontanée, dans une étuve, l'acide iodique sous forme de cristaux.

Troisième. De l'acide iodique épaissi en consistance de sirop, placé dans un lieu sec, cristallise. Pour avoir les cristaux bien distincts, il faut faire écouler la partie liquide avant la dessiccation complète.

Quatrième moyen direct. On fait une dissolution d'iodate de soude; on la chauffe jusqu'à l'ébullition, pendant 12 à 15 minutes, avec de l'acide sulfurique en excès, au moins le double de la quantité nécessaire pour saturer la soude contenue dans l'iodate employé; on filtre. La liqueur, suffisamment concentrée, étant abandonnée à elle-même dans une étuve de 20 à 25, présente en très-peu de temps une masse cristalline, qu'on sépare et qu'on lave avec très-peu d'eau; placée sur du papier joseph, on la laisse égoutter et sécher à l'étuve; pressée, elle se divise en petits cristaux brillants. L'eau-mère contient l'acide sulfurique, le sulfate de soude et

un peu d'acide iodique dont la séparation ne peut être complète.

L'acide iodique, ainsi obtenu, est pur; l'essai en est facile; quelques portions, chauffées dans un tube jusqu'au rouge, doivent disparaître entièrement. S'il avait retenu quelques traces d'iodate de soude, on lui ferait subir une seconde dissolution et cristallisation avec addition d'acide sulfurique.

Cette expérience, qui me paraît très-importante par elle-même, puisqu'elle nous donne la faculté de précipiter par l'acide sulfurique l'acide iodique de sa combinaison avec la soude où il se trouve si abondamment, me le semble encore davantage par l'observation suivante à laquelle elle m'a conduit.

J'ai reconnu que les substances que Davy désigne sous les noms d'*acide iodo-sulfurique*, *iodo-nitrique*, *iodo-phosphorique*, et qu'il a considérées comme des acides doubles à proportions définies, n'existent pas.

Ainsi, quand on verse de l'acide sulfurique ou nitrique dans une dissolution concentrée d'acide iodique, le précipité qui se forme à l'instant, étant séparé, lavé légèrement à l'eau, placé ensuite sur du papier à filtre et dans un lieu sec, abandonne entièrement l'acide sulfurique ou nitrique qu'il a pu retenir; on change le papier, et il ne reste plus que de l'acide iodique pur. On peut donc, ainsi qu'on l'a dit, l'avoir en cristaux transparents en chauffant la dissolution d'acide iodique avec de l'acide sulfurique ou nitrique, la laissant refroidir, ou bien en la faisant évaporer lentement dans une étuve si elle est étendue. L'acide nitrique, comme facile à volatiliser, doit être employé préférablement pour

redissoudre l'acide iodique qu'on veut avoir en beaux cristaux.

Il paraît que, dans ce cas, les acides favorisent la cristallisation de l'acide iodique en s'unissant à l'eau, pour laquelle ils auraient plus d'affinité que l'acide iodique.

On s'est assuré de l'absence absolue d'acide sulfurique ou nitrique dans cet acide iodique en le saturant par la potasse, desséchant et chauffant au rouge dans un tube. Le résidu, soumis à l'action de l'acide nitrique pour expulser l'iode, puis dissous, n'a pas montré la moindre trace d'acide sulfurique par les sels barytiques.

Pour l'acide nitrique, l'acide iodique a été aussi saturé par la potasse, puis desséché; et sur cette matière, placée dans un tube avec de la limaille de cuivre, on a versé de l'acide sulfurique; l'action de la chaleur n'a donné lieu à aucune vapeur rutilante d'acide nitreux, et n'y a développé aucunement l'odeur caractéristique de cet acide; tandis que la plus petite quantité de nitrate de potasse ajoutée présente ces phénomènes de la manière la plus marquée.

L'acide iodique cristallisé est très-soluble dans l'eau; il l'est extrêmement peu dans l'alcool, qui au contraire le précipite de sa dissolution aqueuse; exposé à l'air, il n'a pas éprouvé d'altération notable après plusieurs jours, et je n'ai pas reconnu, dans cet état cristallin, qu'il attirât sensiblement l'humidité de l'air; il a une odeur particulière à travers laquelle on ne peut méconnaître celle de l'iode, et cette odeur n'est bien manifeste que lorsqu'on ouvre les flacons où il est resté enfermé. Je n'ai pas vu qu'il attaquât l'or, comme on l'a dit.

Quand on se reporte au Mémoire de Davy (*Annales de*

Chimie, t. XCXVI, p. 289), on voit qu'il n'a opéré que sur quelques grains, ce qui indique qu'il avait bien peu de la substance à sa disposition, et qu'il a pu facilement être induit en erreur dans ses expériences, que personne n'a tenté de vérifier. La difficulté, jusqu'ici, d'obtenir l'acide iodique en est probablement la cause; j'aurai donc la satisfaction d'avoir levé l'obstacle, et mis abondamment l'acide iodique entre les mains des chimistes, qui pourront désormais se livrer, à ce sujet, à des recherches, et l'utiliser peut-être comme acide puissant.

MÉMOIRE

SUR

Les Chlorures d'iode; sur un nouveau procédé pour obtenir promptement l'acide iodique absolument pur; et sur un moyen de précipiter la plus petite quantité de l'un quelconque des alcalis végétaux dans leur dissolution alcoolique.

PAR M. SÉRULLAS.

DANS mon Mémoire sur l'iodure de carbone (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XXII, p. 179), j'ai fait voir qu'en saturant incomplètement par la potasse une dissolution alcoolique de chlorure d'iode, il se précipitait à l'instant un iodate très-acide de cette base; j'ajoutai presque en même temps, dans une lettre à M. Gay-Lussac (même volume, page 222), que *la formation d'un iodate avec excès d'acide, dès les premiers moments de la saturation d'une dissolution de chlorure d'iode, semblait prouver la préexistence de l'acide iodique dans la dissolution, et conséquemment confirmer qu'elle est un mélange d'acide iodique et d'acide hydrochlorique, comme l'avait dit M. Gay-Lussac.*

Plus tard, à l'occasion de mes recherches sur les chlorures de cyanogène (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXVIII, p. 388), je m'exprimais ainsi : *Ce nouvel exemple vient con-*

firmer, selon moi, l'opinion de M. Gay-Lussac, qui a considéré la dissolution de chlorure d'iode dans l'eau comme un mélange d'acide iodique et d'acide hydrochlorique, et cela contradictoirement à la façon de voir de Davy, qui suppose que cette transformation n'a lieu qu'au moment de la saturation, et par l'influence de l'alcali. Si l'on ne peut retirer de la dissolution du chlorure d'iode dans l'eau l'acide iodique, on en trouve la cause dans la décomposition mutuelle des acides iodique et hydrochlorique par l'action de la chaleur; etc.

Mon travail sur les iodates acides (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XLIII, p. 113) vint pleinement confirmer ce qui précède.

Enfin, dans mon observation sur le chlorure d'iode (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XLIII, p. 208), je modifiai ma manière de voir, et j'ai dit : *La question de savoir si le chlorure d'iode dans l'eau est une simple dissolution, ou si, par son contact avec ce liquide, il se transforme en acide iodique et en acide hydrochlorique, n'est pas franchement décidée. J'avais incliné, par des motifs que j'ai donnés dans le temps, à adopter cette dernière opinion; toutefois, comme l'acide iodique et l'acide hydrochlorique se décomposent mutuellement, l'autre façon de voir était plus probable, à moins, ainsi que le pensent quelques chimistes, qu'il ne s'y trouve à l'état de chlorure lorsqu'elle a une certaine concentration, et à l'état d'acide iodique et d'acide hydrochlorique quand elle est étendue et incolore;* ce qui revient à dire lorsqu'elle est à l'état de perchlorure, parce qu'on sait parfaitement qu'on ne peut la décolorer qu'en la saturant de chlore, et lorsqu'elle est très-étendue.

J'avais observé, en outre, que, lorsqu'on met une dissolution d'iodate neutre de potasse avec une dissolution de chlorure d'iode, à la température ordinaire même, l'alcool qu'on y verse en sépare de l'iodate acide qui, étant dissous, cristallise avec toutes ses propriétés.

Il en est de même avec l'iodate neutre de soude, mêlé à du chlorure d'iode; l'alcool en précipite un iodate acide de cette base. Mais on sait, d'après ce que j'ai dit, qu'on n'obtient pas d'iodate acide de soude cristallisé; alors, quand on dissout celui qu'on a produit par précipitation au moyen de l'alcool, il se forme, après une évaporation convenable, au milieu de la liqueur très-acide, un iodate neutre de soude en beaux cristaux transparents; en effet, pour avoir l'iodate de soude bien cristallisé, un excès d'acide est nécessaire. L'existence de l'iodate acide de soude, s'il y a combinaison, ne serait qu'éphémère.

Ces expériences ne pouvaient laisser de doute sur la préexistence de l'acide iodique et de l'acide hydrochlorique dans la dissolution du chlorure d'iode. Il paraît que, dans ce dernier cas, c'est l'acide hydrochlorique qui agit sur l'iodate neutre, en s'emparant d'une portion de la base; car on trouve dans la liqueur du chlorure de sodium : en effet, si sur un iodate neutre de soude ou de potasse on verse de l'acide hydrochlorique, l'alcool en précipite également un iodate très-acide qui, par l'agitation avec un tube, se réunit en une masse d'une grande blancheur, susceptible d'être malaxée entre les doigts comme de la cire; ce qui a lieu aussi dans le cas précédent.

D'un autre côté, il ne serait nullement probable que, la neutralisation une fois satisfaite, la potasse ou la soude

pussent agir, c'est-à-dire que, par l'influence d'un iodate neutre, l'eau pût être décomposée.

Toutefois, rien jusqu'à présent n'a fait voir que ce que j'ai publié à ce sujet ait fixé l'attention des chimistes. Seulement M. Dumas, à l'imitation de M. Balard, qui emploie l'éther pour séparer le brome de sa dissolution aqueuse, a fait l'application de ce moyen à la séparation du chlorure d'iode, et avec un tel succès qu'il se crut autorisé dans le temps à annoncer que le brome n'était qu'un chlorure d'iode; il revint bientôt de sa première décision, et se borna à signaler l'éther comme propre à enlever à l'eau les deux chlorures d'iode. (Dumas, *Traité de Chimie appliquée aux arts*, t. 1^er^, p. 105). Aujourd'hui cette même expérience l'a conduit à une observation plus heureuse, il a reconnu que cet éther enlève à l'eau le sous-chlorure seulement; et il en a tiré la juste conséquence que le sous-chlorure d'iode, dont l'existence, du reste, est mal déterminée, ne décompose pas l'eau, et que le chlorure la décompose.

Toutefois la preuve qu'il en donne est moins directe que celle que j'ai produite tant de fois, et l'on ne reste pas davantage convaincu, parce qu'on peut objecter que, les deux chlorures étant différents par leur composition, l'un peut rester en dissolution dans l'eau, et l'autre dans l'éther.

L'exposé que je viens de faire était nécessaire pour lier ensemble des faits presque ignorés qui me sont propres, et d'autres qui ne sont pas connus, qui m'appartiennent également, et qui se rattachent à l'histoire des iodates. Ce qui va suivre jettera un plein jour sur la question des chlorures d'iode, la terminera relativement à leur action sur l'eau, et montrera en même temps des résultats nouveaux

assez curieux, qui, je crois, pourront trouver des applications utiles, autres que celles que je vais déjà faire connaître.

Acide iodique obtenu directement par l'action de l'eau sur le chlorure d'iode.

Lorsque j'ai traité de l'acide iodique cristallisé (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XLIII, p. 216), j'ai décrit les propriétés de cet acide jusqu'alors à peine connues, parmi lesquelles j'ai signalé son insolubilité dans l'alcool concentré; d'un autre côté, je suis toujours resté frappé des expériences précédemment rappelées, d'après lesquelles je croyais avoir démontré que le chlorure d'iode décomposait l'eau, sauf la distinction nouvelle et importante que nous devons à M. Dumas, savoir, la décomposition de l'eau par le chlorure et la non-décomposition par le sous-chlorure; distinction que je faisais moi-même, mais en la rapportant à une autre cause, à la plus ou moins grande concentration de la dissolution du chlorure.

Ces deux propriétés qui m'étaient mieux connues qu'à personne, puisque l'une était le résultat de mon observation, et que j'avais établi, par des faits, l'existence de l'autre qu'on ne faisait que soupçonner; ces deux propriétés (l'insolubilité de l'acide iodique dans l'alcool et l'action décomposante du chlorure d'iode sur l'eau) réunissaient, à mes yeux, les éléments d'une expérience d'après laquelle on devait obtenir directement l'acide iodique du perchlorure d'iode; elle consiste à mettre en contact de l'alcool concentré avec du perchlorure d'iode humecté. Une partie de l'eau devait fournir, par sa décomposition, comme dans tous ces cas, l'hydro-

gène au chlore et l'oxigène à l'iode, et les nouveaux produits de cette réaction, l'acide hydrochlorique rester en dissolution dans l'alcool, et l'acide iodique se précipiter, vu son insolubilité dans ce liquide. Le résultat a tout-à-fait répondu à mon attente.

On obtient, par ce moyen, à l'instant, de l'acide iodique parfaitement pur.

Pour mieux réussir, il faut avoir du perchlorure d'iode solide, le plus saturé de chlore, introduire dans le flacon qui le contient une petite quantité d'eau, ou mieux de perchlorure en dissolution, puis un certain nombre de fragments assez gros de verre, pour détacher par l'agitation le chlorure adhérent aux parois; l'on fait passer la matière dans un plus petit flacon bouché, de 8 à 10 onces, pour l'agiter facilement et sans être incommodé; l'entonnoir retient les fragments de verre, qu'on lave avec de petites quantités de la dissolution de perchlorure saturée; cette agitation a pour but de réduire le chlorure solide en poudre, le mettre en contact dans toutes ses parties avec le liquide, et le débarrasser le plus qu'on peut du sous-chlorure, auquel on sait qu'il est toujours associé. On verse de nouveau dans une capsule; l'on décante autant que possible le liquide surnageant, puis on ajoute par petites quantités de l'éther ou de l'alcool de 38 à 40, en agitant doucement avec un tube. Presque aussitôt la partie solide se blanchit, et le liquide qui surnage se colore en jaune. On décante encore, et on lave à l'alcool jusqu'à ce qu'il cesse de se colorer. On laisse déposer; l'acide se présente alors parfaitement pur sous forme d'une poudre blanche cristalline, qui, étant sèche et pressée sous le doigt, résiste comme du sable très-

fin; du reste, on peut dissoudre l'acide iodique, filtrer et le soumettre à la cristallisation par les procédés que j'ai indiqués, c'est-à-dire, en mêlant à la dissolution de l'acide sulfurique, et l'abandonnant à la cristallisation dans une étuve.

Je fais remarquer que le sous-chlorure d'iode étant plus soluble que le chlorure, on peut débarrasser presque entièrement ce dernier de l'autre, au point de le ramener à une légère couleur jaune-serin, en le lavant avec une très-petite quantité d'une dissolution de perchlorure incolore, qui est susceptible de dissoudre beaucoup de sous-chlorure. Dans ce cas, il est probable, à en juger par sa décoloration, que le précipité est déjà formé en majeure partie d'acide iodique. Pour opérer la transformation du chlorure d'iode en acides hydrochlorique et iodique, il est utile, je le répète, d'enlever autant qu'il est possible, au chlorure qu'on doit employer, le sous-chlorure, qui non-seulement ne peut donner d'acide iodique, mais qui paraît exercer sur l'alcool une réaction particulière nuisible à l'opération.

Il est donc bien évident maintenant qu'il n'existe pas de perchlorure en dissolution dans l'eau; que, par son contact avec ce liquide, il se transforme en acide hydrochlorique et en acide iodique. Il arrive même, lorsqu'on agit sur du chlorure solide le plus saturé de chlore, c'est-à-dire, qui est resté pendant long-temps en contact dans de grands flacons, avec un très-grand excès de chlore, qu'on vient à verser dessus une dissolution de chlorure déjà saturée, il se précipite de l'acide iodique; mais, comme il est très-soluble dans l'eau, on ne le sépare entièrement que par l'alcool concentré, qui s'empare du sous-chlorure qui peut s'y trouver, et de l'acide hydrochlorique qui s'est formé.

Ainsi on ne peut pas objecter que la présence de l'alcool pourrait être la cause déterminante de la décomposition de l'eau en raison du produit insoluble, auquel la réaction donne naissance dans ce cas.

La connaissance positive que nous avons de l'action du chlorure d'iode sur l'eau permet d'interpréter avec certitude les phénomènes auxquels sa dissolution donne lieu dans son contact avec d'autres corps.

De l'oxide d'argent, agité avec une dissolution alcoolique d'iode, donne pour produits de l'iodure et de l'iodate d'argent, tous deux insolubles et faciles à séparer à l'aide de l'ammoniaque, qui dissout l'iodate sans toucher à l'iodure. Dans ce cas, l'oxigène de l'oxide a acidifié une partie de l'iode.

Mêmes phénomènes avec une dissolution de chlore; chlorure d'argent insoluble, et chlorate de ce métal qui reste en dissolution.

De l'oxide d'argent agité dans une dissolution de perchlorure d'iode, on obtient du chlorure d'argent et de l'acide iodique libre. On peut laisser dans la liqueur un petit excès des deux acides, qui dans l'évaporation se volatilisent sous forme de chlorure.

Pour reconnaître à peu près le terme où l'on doit arrêter l'addition de l'oxide, on filtre de temps en temps de petites portions du liquide qu'on évapore à siccité; on juge, par l'intensité de la couleur, la quantité de chlorure d'iode qui peut encore y rester; alors on ajoute de l'oxide d'argent jusqu'au point convenable, que l'on pourrait même un peu dépasser sans inconvénient, puisque l'iodate d'argent qui en résulte est insoluble.

Ainsi il y a formation d'eau par l'hydrogène de l'acide hy-

drochlorique et l'oxigène de l'oxide; le chlorure d'argent se précipite, et l'acide iodique reste dans la liqueur. On aurait pu même, dans le temps où on avait beaucoup de difficulté à obtenir l'acide iodique par l'oxide de chlore, employer ce moyen. L'acide iodique qu'il m'a fourni est pur. Lorsqu'on a mêlé l'oxide d'argent à la dissolution de perchlorure, d'après le mode qui a été indiqué, on filtre, on évapore à siccité; on redissout dans une petite quantité d'eau, on filtre encore et on évapore de nouveau. Il ne se forme d'iodate d'argent, d'après l'examen que j'ai fait des précipités, que dès le moment où l'acide hydrochlorique est absorbé, et que la quantité d'oxide d'argent dépasse cette limite.

Des feuilles légères d'argent mises en contact avec une dissolution incolore de perchlorure, il se forme à l'instant du chlorure et de l'iodure d'argent, qu'on sépare encore par l'ammoniaque. Ainsi la double tendance du chlore et de l'iode à s'unir à l'argent, de l'oxigène d'un acide pour l'hydrogène de l'autre, détermine la formation des iodure et chlorure.

Précipitation des alcalis végétaux par l'acide iodique.

Dans mon Mémoire sur les iodates et les chlorates des alcalis végétaux, j'ai constaté que l'acide iodique, dissous et versé dans les dissolutions aqueuses un peu concentrées des iodates neutres à bases des alcalis végétaux ou d'autres sels de ces mêmes bases, donnait lieu aussitôt à un précipité abondant d'un iodate très-acide.

Cette propriété très-remarquable des combinaisons de l'acide iodique avec les alcalis végétaux d'être peu solubles, m'a semblé très-propre à reconnaître ces mêmes alcalis dans

leur dissolution, surtout dans l'alcool. En effet, la plus petite quantité d'un alcaloïde peut être décelée par l'acide iodique ou par du perchlorure d'iode dissous; car nous savons maintenant que ces deux dissolutions sont identiques, sauf, dans l'une, son mélange avec de l'acide hydrochlorique; mais la présence de ce dernier ne nuit aucunement à l'effet, car nous avons reconnu ailleurs que l'acide iodique déplace les alcaloïdes de leurs combinaisons avec les autres acides sulfurique, hydrochlorique, nitrique, chlorique, etc.

Il est bien entendu que l'expression de dissolution de perchlorure d'iode dont je me sers ne veut pas dire autre chose qu'un mélange liquide d'acide iodique et d'acide hydrochlorique.

L'action de cette dissolution sur les alcaloïdes libres ou combinés à d'autres acides, et dont j'avais fait l'essai bien avant mes autres expériences sur le même sujet, était déja pour moi une preuve manifeste qu'elle contenait de l'acide iodique; parce qu'on ne pouvait pas supposer qu'un iodate neutre d'un alcali végétal déterminât la décomposition de l'eau; ce qui aurait dû être dans la supposition d'un chlorure.

J'ai mesuré le degré de sensibilité de l'acide iodique comme réactif des alcaloïdes; il est très-grand. Cet acide peut être classé, pour cet objet, comme l'un des moyens les plus exacts que possède la chimie; il est susceptible de donner des précipités promptement par la centième partie d'un grain avec quelques-uns, la quinine et la cinchonine, d'une manière telle qu'on peut recueillir en peu de temps ce précipité, même dans une quantité d'alcool très-grande relativement à celle de l'alcaloïde, plusieurs milliers de fois son poids.

L'acide iodique doit être assez étendu d'eau pour qu'il ne

trouble pas lui seul dans l'alcool; cette condition est toujours remplie, en employant pour ces expériences la dissolution de perchlorure d'iode.

Tous les alcaloïdes ne sont pas sensibles au même degré; mais le moins de tous est un cinquième de grain.

Comment concevoir des effets si marqués avec de si petites quantités? C'est l'acide iodique, qui s'ajoute en très-grande proportion, qui s'unit à la petite quantité de l'alcaloïde; aussi l'acide iodique doit être versé dans la liqueur en quantité suffisante et par gouttes, car c'est à lui qu'est due l'abondance du précipité. Conséquemment un alcaloïde ne serait pas un réactif aussi sensible pour déceler l'acide iodique qui ne se trouverait qu'en quantité extrêmement petite; ce que l'on conçoit encore, parce que l'iodate neutre qui se forme d'abord est plus ou moins soluble, et ce n'est que lorsque l'acide prédomine que la combinaison insoluble se produit.

Quoi qu'il en soit, on pourrait dire que l'acide iodique, comme réactif, est aux alcalis végétaux, libres ou combinés, particulièrement à la quinine et à la cinchonine, ce que l'acide sulfurique est pour la baryte.

Cette propriété repose, comme on voit, sur la tendance qu'ont, en général, les acides solides à former des combinaisons avec excès d'acide, et ces combinaisons d'être peu solubles. On n'obtient pas cristallisés les iodates acides des alcalis végétaux, et j'ignore s'ils sont à proportions déterminées quant à l'acide excédant; dans tous les cas, ils doivent contenir beaucoup d'acide.

L'acide iodique ne se dissout pas dans l'alcool; mais, lorsqu'il est en dissolution dans l'eau un peu étendue, sa précipitation par l'alcool ne s'effectue que très-lentement, par un

long repos et seulement en partie; la présence d'un alcaloïde dans le liquide détermine cette précipitation qui est alors subite.

La morphine, comme je l'ai fait voir dans le temps, exerce une action décomposante sur l'acide iodique, et c'est un moyen de la reconnaître en très-petite quantité. Les deux chlorures d'iode dissous agissent sur elle; mais l'action doit être différente, puisque de ces deux dissolutions, l'une contient de l'acide iodique, et que l'autre n'en contient pas.

J'espère pouvoir faire de l'acide iodique, ou de la dissolution de perchlorure d'iode, un procédé pour l'essai des quinquinas; l'alcool, qui est nécessaire dans ce cas, l'est également pour l'extraction de ces bases végétales qui s'y dissolvent toutes; il fournira peut-être un moyen d'exploration propre à nous révéler, dans certains végétaux marquants, l'existence de quelque alcaloïde qu'ils pourraient contenir.

Il faut avoir l'attention que l'iode qu'on emploie pour la préparation du chlorure soit pur, parce que les matières salines que contient l'iode du commerce passent dans le chlorure et conséquemment dans l'acide iodique; de plus, je me suis aperçu que l'alcool, concentré ordinairement au moyen de la chaux caustique, entraînait des traces de cette dernière; en sorte qu'on pourrait avoir deux causes de précipitation étrangères aux alcaloïdes, l'une par les nouveaux sels formés avec la chaux, et l'autre par les sels préexistant dans le chlorure d'iode. Pour éviter cet inconvénient qui m'a induit en erreur avant que j'en eusse reconnu l'origine, j'ai précipité par l'eau l'iode de sa dissolution alcoolique, et redistillé l'alcool avec quelques gouttes d'acide sulfurique.

Je rappellerai que les précipités qui résultent de l'union

de l'acide iodique avec les alcalis végétaux dans l'alcool, étant secs, se décomposent avec explosion, à une température peu élevée, de 115 à 120 degrés, en les chauffant seulement sur du papier; qu'ils donnent lieu à une forte détonation quand on opère leur décomposition dans un tube. L'acide iodique et une matière végétale, surtout en état de combinaison, rendent compte de cet effet; mais c'est toujours un caractère à noter, qui sert à prouver la présence d'une matière végétale dans ce composé.

En résumé, il est bien démontré, par les faits énoncés dans ce Mémoire,

1° Que le perchlorure d'iode, comme déja depuis longtemps j'en avais trouvé le premier la preuve dans la formation des iodates acides, étant en contact avec l'eau, la décompose en donnant lieu à de l'acide iodique et de l'acide hydrochlorique.

2° Que le perchlorure d'iode solide, préalablement lavé légèrement à l'eau ou mieux avec de la dissolution de perchlorure, mis encore en contact avec l'éther ou l'alcool concentré, se transforme subitement, par les éléments de l'eau, en acide hydrochlorique qui reste dans la liqueur, et en acide iodique très-pur qui se précipite, vu son insolubilité dans l'alcool.

3° Que l'oxide d'argent, mis en quantité convenable et agité avec la dissolution de perchlorure d'iode, s'empare seulement de l'acide hydrochlorique, laissant dans la liqueur l'acide iodique libre et pur.

4° Que l'acide iodique (la dissolution de perchlorure d'iode, en raison de l'acide iodique qu'elle contient, produit le même effet) s'unit avidement aux alcalis végétaux, formant des composés très-acides de ces bases, presque insolubles dans l'al-

cool concentré, ce qui fournit le moyen de reconnaître la présence de très-petites quantités de l'un quelconque des alcaloïdes en dissolution dans l'alcool, condition qu'on peut toujours facilement établir.

MÉMOIRE

SUR

La séparation du chlore et du brome contenus dans un mélange de chlorure et de bromure alcalins. — Moyen de reconnaître lorsqu'une dissolution de chlorure d'iode est à l'état de chlorure ou à l'état d'acide iodique et d'acide hydrochlorique. — Action de l'acide bromique et de l'acide chlorique sur l'alcool.

PAR M. SERULLAS.

LES chimistes n'ont pas trouvé jusqu'à présent le moyen de séparer directement de leur union le chlore et le brome, que ces deux corps soient combinés à l'état de chlorure de brome, ou à l'état de mélange sous forme de chlorure et de bromure de potassium, ou autres bases alcalines; on sait que cette dernière association se rencontre fréquemment dans le résidu de l'évaporation des eaux salées.

La présence du brome est facile à constater, son apparition étant déterminée dans ses composés par le chlore; mais aucun procédé ne peut démontrer l'existence du chlore qui peut s'y trouver simultanément; car toutes les combinaisons que forment et le chlore et le brome jouissent de propriétés qui diffèrent peu entre elles; elles sont à peu près les mêmes dans

les produits de l'un et de l'autre. On ne peut donc effectuer la séparation du chlore et du brome qui s'y trouvent ensemble, en s'appuyant sur la différence que leurs composés peuvent présenter, tant sous le rapport de leur solubilité que sous celui de leur insolubilité, comme on le fait pour l'iode, qui, combiné à l'argent, offre le caractère remarquable de donner un composé insoluble dans l'ammoniaque, tandis que le chlorure et le bromure de ce métal s'y dissolvent tous les deux également.

Cette question, d'un très-grand intérêt pour l'analyse des eaux dites *minérales*, a fixé mon attention, et j'ai cherché à la résoudre ; si je n'ai pas atteint le but aussi complètement que je l'aurais désiré, je crois néanmoins que ce que je vais faire connaître sera très-utile pour ce genre de recherches.

J'ai observé que la dissolution de sous-chlorure d'iode dans l'eau agitée avec de l'éther changeait d'état assez promptement, souvent du jour au lendemain. En examinant la nature de ce changement, j'ai reconnu que l'éther ne contenait que peu de chlore et tout l'iode, et la partie aqueuse, que de l'acide hydrochlorique. J'ai voulu voir, et cela dans le but principal dont je viens de parler, si le chlorure de brome offrirait un résultat semblable, comme il était naturel de le penser, en se rappelant la propriété que M. Balard a assignée à ce chlorure de ne pas décomposer l'eau.

De la dissolution aqueuse de chlorure de brome assez étendue, saturée autant que possible de chlore (1), étant agitée

(1) Pour obtenir le chlorure de brome saturé de chlore, on place le brome dans une assez grande quantité d'eau contenue dans un flacon qu'on

avec son volume d'éther, donne aussitôt, dans la partie aqueuse et inférieure, de l'acide hydrochlorique sans trace de brome, qui reste dans la partie éthérée et supérieure. On réitère cette opération plusieurs fois, par intervalles de quelques minutes, en ajoutant un peu d'eau, et séparant chaque fois, après agitation, cette partie aqueuse, au moyen d'un entonnoir à robinet; on parvient aisément à réduire le composé en acide hydrochlorique et en solution éthérée de brome. Tant qu'il y existe du chlore, il ne se forme pas d'acide hydrobromique; dès qu'on aperçoit des traces de ce dernier, on est assuré que tout le chlore a disparu.

On arrive facilement à cette certitude par des essais; il suffit, à chaque lavage, de verser sur une petite quantité de la partie aqueuse et incolore un peu de chlore qui met en évidence, par la coloration en jaune, l'acide hydrobromique aussitôt qu'il commence à se former; indication positive qu'il n'existe plus de chlore dans la partie éthérée. On voit que, par ce moyen, on peut opérer le *départ* du chlore et du brome.

Si, au moment où de l'acide hydrobromique se montre dans la partie aqueuse, on ajoute dans la partie éthérée quelques gouttes de dissolution de chlore en quantité plus que suffisante pour décomposer l'acide hydrobromique formé, il n'apparaît plus de brome, ainsi qu'on le prévoit bien, jus-

---

entoure de glace; on y fait arriver pendant long-temps un courant de chlore. Il se forme de l'hydrate de chlore, qui fait prendre la masse entière en gelée, et l'absorption du chlore se fait successivement.

qu'à ce que l'excès de chlore qu'on a pu ajouter ait été converti en acide hydrochlorique.

Dans l'agitation avec l'éther de la dissolution de chlorure de brome sur-saturée de chlore, il ne se forme pas d'acide bromique; car, si on sature par la potasse la partie aqueuse dans laquelle l'acide bromique devrait se trouver alors sous forme de bromate de potasse, et qu'on la calcine, le chlore ne produit sur ce résidu aucune apparition de brome; ce qui aurait lieu s'il y avait eu primitivement un bromate insensible au chlore qui agit si promptement sur le bromure, état auquel il a été amené par la calcination qu'on lui a fait subir. Seulement l'eau des premiers lavages contient ordinairement, indépendamment de l'acide hydrochlorique, l'excès de chlore qui peut se trouver dans le chlorure de brome, lorsqu'il a été préparé comme je l'ai dit, en le refroidissant pour y retenir le chlore à l'état d'hydrate; alors, en saturant ce lavage par la potasse, on trouve, avec l'hydrochlorate qui en fait la majeure partie, la même quantité de chlorate qu'on obtiendrait en saturant isolément une même quantité de chlore. Du moins, j'ai pensé que ce pouvait être là la cause de l'existence de cette petite quantité de chlorate qu'on trouve dans la saturation de l'eau des premiers lavages.

S'il en est ainsi, la présence du brome dans l'éther s'opposerait à ce qu'il retînt l'excès de chlore; car l'éther, qu'on agite avec une dissolution de chlore mêlée de beaucoup d'hydrate, enlève le chlore, et donne lieu en assez peu de temps, par le lavage à l'eau, à la réaction dont on a parlé; savoir, acide hydrochlorique et chlorure de carbone qui reste dans l'éther; expérience que j'ai faite pour comparer les résultats qu'on obtient dans la même circonstance avec le brome.

Pour constater l'absence absolue de chlore dans la partie éthérée qui a été agitée avec du chlorure de brome, après l'avoir lavée à l'eau suffisamment, c'est-à-dire, jusqu'au moment de l'apparition de l'acide hydrobromique, elle a été saturée par la potasse, évaporée et soumise aux épreuves dont nous allons parler à l'occasion de la séparation du brome et du chlore contenus dans un mélange de bromure et de chlorure alcalins; elle n'a montré aucune trace de chlore, ni d'acide hydrochlorique.

Le chlorure de brome ne décomposant pas l'eau, le chlore qu'il contient, en raison de son affinité plus grande pour l'hydrogène, agit le premier sur l'éther en changeant d'état; et, tant qu'il en existe, il ne peut pas se produire de l'acide hydrobromique, puisqu'il est décomposé par le chlore.

Certainement, dans le contact du chlorure de brome avec l'eau, il pourrait se former deux acides tout aussi bien que dans l'acte de la dissolution dans l'eau du chlorure d'iode; pourtant c'est ce qui n'a pas lieu. Le principe d'après lequel M. Dumas a établi (*Annales de Chimie et de Physique*, tome XLIV, page 272) qu'il y a décomposition d'eau quand il peut se former deux acides, s'évanouit.

Cette différence d'agir du chlorure d'iode sur l'eau dépend plutôt, selon moi, de ce que la réaction donne naissance à un acide solide qui, quoique très-soluble, peut se séparer immédiatement, parce que la présence simultanée de l'acide hydrochlorique, qui est encore plus soluble dans l'eau, diminue, pour l'autre, la faculté dissolvante du liquide au milieu duquel ils se trouvent tous les deux; car nous voyons, ainsi que je l'ai dit dans mon précédent Mémoire, une grande quantité d'acide iodique se précipiter dans une dissolution aqueuse sur-saturée de chlorure : dans ce cas, le lavage que j'ai indiqué,

à l'alcool ou à l'éther, liquides dans lesquels l'acide iodique est insoluble, ne fait qu'enlever le chlorure qui s'y trouve, et qui jaunit l'acide iodique; car, si l'on place ce précipité sur du papier brouillard après quelques moments d'exposition à l'air, il ne reste que de l'acide iodique incolore.

Maintenant, pour reconnaître et séparer le brome et le chlore contenus dans le résidu de l'évaporation des eaux salées, il faut procéder comme pour l'extraction du chlore et du brome.

On prend une quantité quelconque, plus ou moins grande, de ces résidus; quelques grains suffisent, si on ne pouvait s'en procurer davantage. (J'ai opéré sur 3 grains de chlorure et 6 grains de bromure de potassium, et j'ai fait la séparation très-aisément). On la mêle exactement avec son poids d'oxide de manganèse pulvérisé; on introduit le mélange dans une petite cornue tubulée, à laquelle on adapte un petit ballon contenant un peu d'eau; on verse dans la cornue de l'acide sulfurique étendu d'un cinquième d'eau, on chauffe; le chlorure de brome, dans lequel domine plus ou moins l'un des deux corps, se volatilise, et vient se condenser dans le ballon bien refroidi. La cessation de l'apparition des vapeurs rutilantes indique que l'opération est terminée. On verse ensuite de l'éther, toujours à peu près le volume de l'eau qu'on a employée pour dissoudre le chlorure de brome; on agite, et on sépare l'eau contenant l'acide hydrochlorique déja formé par son contact avec l'éther. On réitère le lavage avec peu d'eau à la fois. Le brome reste dans l'éther, d'où on le retire à la manière accoutumée.

La transformation du chlore en acide hydrochlorique est d'autant plus prompte que la quantité d'éther est plus grande;

en sorte que, quand on opère sur de petites quantités, il ne faut pas mettre beaucoup d'éther, afin de pouvoir reconnaître, par les essais indiqués, le moment où le chlore a disparu.

Quand on laisse séjourner quelques jours le brome dans l'éther et une certaine quantité d'eau, il se transforme en acide hydrobromique qu'on trouve dans la partie aqueuse. Ce moyen peut même être employé pour obtenir l'acide hydrobromique. M. Balard a observé cette action.

Le contact du brome avec l'éther et l'eau, indépendamment de l'acide hydrochlorique qui se forme d'abord, comme nous l'avons dit, donne naissance en même temps à un bromure de carbone, à en juger par l'odeur très-prononcée d'essence de térébenthine et de camphre qui s'exhale pendant l'évaporation du liquide éthéré qu'on a mêlé à un peu d'eau, ou bien lorsqu'on en frotte une petite quantité entre les mains: cette odeur, dans l'ébullition, est accompagnée d'une autre extrêmement piquante aux yeux, analogue à celle de l'acide dit *lampique;* en effet, le liquide éthéré, qui a été lavé jusqu'à cessation entière d'action des eaux de lavage sur le papier tournesol, le rougit fortement pendant cette évaporation. On remarque en outre, lorsque l'éther a été évaporé doucement, à la surface de l'eau qu'on a ajoutée, quelque peu d'une matière ayant l'apparence d'huile, qui doit être le composé de brome et de carbone, parce que, lorsqu'on a projeté sur cette matière des fragments de potassium pour en opérer la décomposition, ce que ne fait pas la potasse caustique, ou du moins difficilement, et, lorsqu'elle est mise en masse, l'action du chlore sur ce résidu y développe la couleur jaune du brome; effet qui n'était pas produit avant.

L'action du brome seul sur l'éther est la même, c'est-à-dire qu'il en résulte de l'acide hydrobromique et l'espèce de bromure de carbone dont on vient de parler.

Bien que, comme on l'a dit, tout le chlore du chlorure de brome soit transformé en acide hydrochlorique, on ne peut pas le retrouver en totalité dans le précipité de chlorure d'argent que l'on produit en versant du nitrate d'argent dans l'eau de lavage. Pour m'en assurer, j'ai pris deux quantités égales de chlorure de potassium ; l'une a été dissoute et traitée directement par le nitrate d'argent, et le précipité recueilli et séché; l'autre a été mêlée avec son poids de bromure de potassium, et soumise à l'opération de l'extraction du chlore et du brome, comme on l'a dit. Le chlorure du brome obtenu, lavé à l'éther, a donné, par le nitrate d'argent versé dans la partie aqueuse, un précipité moindre en poids que celui obtenu de la même quantité du chlorure de potassium traité isolément. Six expériences ont fourni assez exactement le même résultat; sur chacune on a trouvé un quart en moins ; ce qui doit être attribué aux pertes inévitables avec un corps volatil comme le chlorure de brome, et à la petite quantité d'acide hydrochlorique qu'on peut laisser dans l'éther, dans la crainte que, en prolongeant le lavage après que l'acide hydrobromique a paru, on n'enlève de ce dernier.

Toutefois, dans ces six expériences, la perte n'ayant pas varié sensiblement, elle a toujours été, à très-peu de chose près, d'un quart pour chacune; on pourrait, en agissant sur de petites quantités comme je l'ai fait, arriver à l'évaluation assez approximative du chlore, en ajoutant au chlorure d'argent un tiers en sus de la quantité obtenue.

Pour m'assurer de la formation d'un bromure de carbone

par le contact du chlorure de brome avec l'éther, et non d'un chlorure de carbone (l'odeur camphrée est à peu près la même pour tous les deux (1)), j'ai mis du chlorure de brome avec une assez grande quantité d'éther ; la décoloration étant complète après un jour ou deux, j'ai lavé à l'eau la partie éthérée jusqu'à ce que cette eau de lavage ne rougît plus le papier tournesol, ou mieux, ne précipitât plus par le nitrate d'argent. La partie éthérée étant celle qui devait contenir le chlorure ou le bromure de carbone, j'y ai projeté des fragments de potassium en assez grande quantité; le résidu étant évaporé, et saturé ensuite par de l'acide sulfurique étendu pour enlever l'excès de potasse, a donné du brome assez abondamment en y versant du chlore.

J'ai obtenu le même résultat en agissant sur de l'éther, qui était resté en contact avec du brome jusqu'à décoloration parfaite.

J'ai dit que, en saturant par la potasse l'eau du premier lavage du chlorure de brome, où du chlore est en excès, lorsqu'il a été préparé en y retenant beaucoup d'hydrate par le refroidissement à la glace, on y trouvait toujours du chlorate de potasse ; il est bon de rappeler que le résidu de cette saturation doit être calciné pour le convertir en chlorure, afin d'avoir tout le chlore par le nitrate d'argent.

---

(1) Si le composé de brome qui reste en dissolution dans l'éther est réellement un bromure de carbone, il diffère essentiellement du bromure de carbone à odeur éthérée et saveur sucrée, que j'ai fait connaître.

Moyen de reconnaître lorsqu'une dissolution de chlorure d'iode est à l'état de chlorure, ou à l'état d'acide hydrochlorique et d'acide iodique.

Il n'est pas exact de dire, dans un sens absolu, comme on l'a fait, que le perchlorure d'iode ne se dissout pas dans l'eau sans la décomposer, et que ce même perchlorure n'est pas enlevé de sa dissolution aqueuse par l'éther.

Le chlorure d'iode solide, mis dans une petite quantité d'eau, se sépare en deux parties, l'une solide jaunâtre, et l'autre liquide fortement colorée. Ce liquide rougeâtre, mélange de chlorure et de sous-chlorure, décanté de dessus le précipité de chlorure qu'il ne peut tenir en dissolution, versé dans deux à trois fois son volume d'éther, par petites portions, pour éviter l'élévation trop grande de température, devient jaune, et, étant agité avec de l'eau qu'on renouvelle, donne pendant très-long-temps, dans la partie aqueuse, de l'acide iodique et de l'acide hydrochlorique; ce n'est qu'après plusieurs heures, et souvent le lendemain, à la suite d'un très-grand nombre de lavages, qu'on parvient à n'avoir dans l'éther que du sous-chlorure qui, abandonné ensuite à lui-même avec un peu d'eau, se transforme, comme nous l'avons dit, en éther ioduré et en acide hydrochlorique.

Ainsi l'éther est susceptible d'enlever à l'eau les deux chlorures d'iode, quand le sous-chlorure est prédominant dans la dissolution concentrée; mais, lorsque cette dissolution est étendue suffisamment pour que le chlorure se soit transformé en acides iodique et hydrochlorique, l'agitation avec l'éther sépare dans la partie éthérée le sous-chlorure, et dans la partie aqueuse l'acide iodique et l'acide hydrochlorique; d'où

l'on peut aussi, lorsqu'elle est concentrée, précipiter l'acide iodique par l'éther. Il est à croire que, lorsqu'on verse de l'éther dans une dissolution concentrée de chlorure d'iode, toutefois transformée en acides iodique et hydrochlorique, ce dernier change d'état, se détruit par une réaction qu'il exerce sur l'éther, ce qui facilite l'isolement de l'acide iodique insoluble dans ce liquide.

Du fait précédent j'ai tiré la conséquence que la dissolution de chlorure et sous-chlorure d'iode un peu concentrée ne décompose pas l'eau, c'est-à-dire que, dans cet état de concentration, le sous-chlorure s'opposait à ce que le chlorure puisse agir sur l'eau; en sorte que, versé dans l'éther, celui-ci tient en dissolution tout à la fois le sous-chlorure et le chlorure, et ce dernier ne peut se transformer en acides iodique et hydrochlorique que lentement, parce qu'il n'est mis en contact par l'agitation qu'avec la petite quantité d'eau qu'est susceptible de dissoudre l'éther; ce qui rend nécessaire le renouvellement de cette eau.

J'ai trouvé, dans mes recherches sur les iodates des alcalis végétaux, le moyen de reconnaître positivement ce qui se passe à cet égard. Je me suis servi du sulfate de quinine dans l'alcool.

J'ai vu que, en y versant de la dissolution aqueuse et concentrée de chlorure et de sous-chlorure d'iode dont nous avons parlé, il ne se forme pas de précipité; indice de l'absence de l'acide iodique, et que l'eau n'est pas décomposée; mais, en étendant d'eau par gradation cette dissolution de chlorure et de sous-chlorure d'iode, et l'essayant successivement dans une nouvelle dissolution alcoolique de sulfate de quinine, on arrive au point où elle donne un précipité d'iodate acide de l'alcaloïde, preuve que l'acide iodique est produit.

Ainsi ce moyen peut servir à connaître le moment où une dissolution de chlorure et de sous-chlorure d'iode a été suffisamment étendue pour que l'influence du sous-chlorure ait été détruite et l'eau décomposée.

J'observe toujours que cette addition d'eau doit être ménagée pour que la liqueur ne soit pas très-étendue, parce que, si elle l'était trop, bien qu'il s'y trouve de l'acide iodique, il y en a peu, et la grande quantité qu'on est obligé de mettre dans la dissolution alcoolique de l'alcaloïde pour arriver au point où l'iodate acide se forme, la rend aqueuse et susceptible de dissoudre l'iodate.

Il résulte de ce qui précède :

1° Que le chlorure de brome, quelque saturé qu'il soit de chlore, ne décompose pas l'eau; la formation de l'acide hydrochlorique, quand on l'agite avec l'éther, résulte de l'action du chlorure sur l'éther, action qui donne lieu aussi à un bromure de carbone;

2° Que, par l'agitation de ce chlorure de brome avec l'éther et de l'eau, on peut arriver à séparer entièrement le chlore sous forme d'acide hydrochlorique, avant que le brome qu'on isole en même temps dans l'éther se transforme lui-même en acide hydrobromique et en bromure de carbone;

3° Que le chlorure et bromure alcalins, même en très-petité quantité, mêlés à de l'oxide de manganèse et de l'acide sulfurique un peu étendu, étant chauffés dans un appareil convenable, donnent un chlorure de brome que l'on recueille, et que l'on traite comme précédemment par l'éther, afin d'en séparer les éléments; c'est ainsi qu'on peut reconnaître l'existence simultanée du chlore et du brome, quelque prédominant que soit l'un ou l'autre dans un mélange salin; rappelant

toutefois à l'attention, en cas d'excès de chlore, de calciner le produit de la saturation de la partie aqueuse, afin de réduire à l'état de chlorure le chlorate formé, et pouvoir précipiter tout le chlore en versant dans la dissolution du nitrate d'argent;

4° Que, au moyen d'une dissolution alcoolique de quinine ou de cinchonine libres ou combinées, on peut reconnaître le moment où une dissolution aqueuse et concentrée de chlorure d'iode solide (mélange de chlorure et de sous-chlorure) est suffisamment étendue pour que le chlorure ait pu décomposer l'eau; le précipité d'iodate acide qui se forme dans ce cas, et qui ne se produit pas quand elle est concentrée, sert d'indication.

Action de l'acide bromique et de l'acide chlorique sur l'alcool.

M. Charles Löwig, habile pharmacien de Heidelberg, à qui les chimistes doivent l'avantage de pouvoir se procurer aujourd'hui le brome très-abondamment à un prix modéré, a publié une Monographie du brome dans laquelle ont pris place les observations particulières qu'il a pu faire en extrayant en grand cette substance des eaux-mères des salines de Kreutznach.

Parmi les procédés qu'il décrit, il s'en trouve un relatif à la préparation de l'acide bromique; c'est le même que celui qu'on emploie pour obtenir l'acide chlorique, et dont j'ai également fait l'application à la préparation de l'acide iodique : il consiste, comme on sait, à verser, dans une dissolution chaude de chlorate ou de bromate de potasse, de l'acide

hydrofluorique silicé, qui s'unit à la potasse avec laquelle il se précipite sous forme de gelée, laissant en liberté l'acide bromique ou chlorique.

L'acide hydrofluorique silicé étant susceptible de se volatiliser, lorsqu'il est concentré, par une chaleur bien inférieure à celle de l'eau bouillante, le procédé se réduit, comme on vient de le dire, à mêler de l'acide hydrofluorique silicé en excès avec la dissolution chauffée de bromate ou de chlorate de potasse, et, après refroidissement, filtrer, concentrer au point convenable avec les précautions accoutumées, c'est-à-dire, par une évaporation lente, et filtrer de nouveau, au bout de quelques jours, à travers du verre pilé.

M. Löwig, dans la crainte fondée qu'il ne reste de l'acide hydrofluorique silicé ou du fluorure double, met, au contraire, un excès de bromate de potasse, qu'il sépare ensuite par une addition suffisante d'alcool. Ce moyen, que j'ai employé avec succès, comme d'autres chimistes, dans différentes circonstances où il s'agissait de séparer des substances dissoutes dans l'eau, mais insolubles dans l'alcool, ne me semblait guère propre à être appliqué dans un cas tel que celui-ci où se trouveraient en contact deux corps dont la réaction était très-probable.

Toutefois j'ai voulu en faire l'essai sur de l'acide bromique que je venais de préparer, et reconnaître s'il contenait quelques matières salines.

A cet effet, j'ai versé 3 à 4 grammes de cet acide, qui n'était pas très-concentré, dans une quantité à peu près égale à l'alcool à 40. Presque aussitôt la liqueur s'est colorée; il y a eu développement d'une forte chaleur qui s'est élevée jusqu'à une vive ébullition, en donnant lieu à des vapeurs abondantes

de brome, accompagnées d'une odeur très-pénétrante d'éther acétique. Le liquide, coloré en jaune, contenait un peu d'acide hydrobromique.

Il est à présumer que si M. Löwig n'a pas observé cette action mutuelle de l'acide bromique et de l'alcool, il a mêlé ces deux corps, l'un et l'autre très-étendus; puisque la chaleur, à laquelle il les a soumis afin de volatiliser l'alcool, n'a pas déterminé une réaction : car, si elle avait eu lieu, ce chimiste n'aurait pas indiqué l'alcool comme d'un emploi avantageux dans la préparation de l'acide bromique. Il est certain que, à l'aide de la chaleur, le mélange d'acide bromique, même assez étendu, et d'alcool concentré, présente les mêmes phénomènes avec plus ou moins d'intensité.

Ainsi il est bien évident que l'acide bromique agit sur l'alcool concentré, à la température ordinaire, d'une manière aussi prompte et aussi tumultueuse que le fait l'acide nitrique dans la même circonstance, à l'aide de la chaleur; il enlève avec son oxigène de l'hydrogène à une partie de l'alcool, et la transforme en acide acétique qui s'unit à une partie d'alcool non décomposé pour produire l'éther acétique; le brome est mis en liberté. Il ne se forme pas d'acide carbonique. L'acide hydrobromique qu'on trouve dans la liqueur résulte probablement de l'action subséquente du brome sur l'alcool qui, s'il est en petite quantité, est converti entièrement en acide acétique.

L'acide chlorique concentré, versé sur de l'alcool à 40 contenu dans un verre à pied, agit vivement à la température ordinaire; ébullition, dégagement de chlore et formation d'acide acétique. Si la quantité d'alcool est petite relativement à celle de l'acide, tout l'alcool est transformé en

acide acétique extrêmement fort, égal au vinaigre radical. Quand encore il y a très-peu d'alcool et beaucoup d'acide, l'action est très-violente; il y a inflammation. Enfin, si l'on fait le mélange d'acide chlorique et d'alcool moins concentrés, afin d'avoir le temps d'observer, et que l'expérience se fasse dans un tube un peu long, il y a de temps en temps de petites détonations qui dépendent sans doute de l'action du chlore sur la vapeur alcoolique, parce qu'aussitôt après la détonation le tube est incolore, de coloré en jaune qu'il était avant. Je ne pense pas qu'elles soient dues à de l'oxide de chlore.

L'acide chlorique et l'acide bromique donnent lieu aux mêmes phénomènes avec l'éther qu'avec l'alcool; chlore ou brome mis en liberté, et acide acétique produit; seulement, comme l'éther dissout peu d'acide qui va d'abord occuper la partie inférieure, il faut agiter avec un tube.

Du papier bouillard et sec, plié en plusieurs doubles, qu'on plonge dans l'acide chlorique et qu'on retire, brûle vivement; il s'exhale une odeur forte tout-à-fait analogue à celle de l'acide nitrique, odeur que j'ai toujours trouvée à l'acide chlorique concentré et chaud.

Comme jusqu'à présent nous ne savons que peu de chose sur l'acide bromique, j'ai pensé que les faits que je viens de signaler qui y sont relatifs, et qui sont même nouveaux en ce qui concerne l'acide chlorique, pouvaient intéresser, surtout parce qu'ils montrent bien évidemment que la transformation de l'alcool en vinaigre peut être produite par le contact de cet alcool avec des corps uniquement *déshydrogénans;* je me suis assuré qu'il n'y a pas formation d'acide carbonique. Cette observation pourrait conduire à la découverte de quel-

ques procédés d'acétification au moyen de substances autres que celles actuellement employées, et propres à amener plus directement et peut-être plus complètement ce changement dans les liquides alcooliques.

Avant de terminer, je dois faire une remarque.

L'acide chlorique et l'acide bromique que j'ai employés dans mes expériences ont été préparés par l'acide hydrofluorique silicé, comme je l'ai dit; ils ne présentent pas les mêmes propriétés physiques que ces mêmes acides obtenus par l'acide sulfurique et le chlorate ou le bromate de baryte, du moins d'après la description qu'en donnent les auteurs : selon eux, ces acides sont incolores, inodores, sirupeux à l'état de concentration; ceux que j'ai préparés sont un peu colorés; l'acide chlorique est jaunâtre et l'acide bromique rougeâtre; ils ont une odeur particulière, et n'ont pas l'aspect huileux; il serait difficile, je crois, de les concentrer à ce point par la chaleur, sans décomposition; leur coloration tient très-probablement à un commencement d'altération qui en change les propriétés.

Toutefois ils rougissent d'abord le papier tournesol, et le décolorent très-promptement; l'acide chlorique détermine même, comme nous l'avons dit, l'inflammation de ce papier; et il ne précipite pas par les sels d'argent, ce qui prouverait l'absence de chlore ou d'oxide de chlore; saturés par la potasse, ils donnent des sels qui jouissent de toutes les propriétés des chlorates et des bromates de ces bases.

Je vais m'occuper de comparer l'acide bromique et l'acide chlorique qu'on obtient des chlorate et bromate de baryte par l'acide sulfurique, avec ceux préparés par l'acide hydrofluorique silicé. Dans le cas, ce que je suis peu disposé à croire,

où les premiers ne présenteraient pas les caractères que je viens d'assigner aux autres, cette différence, qui serait très-remarquable, donnerait encore plus d'intérêt à mes observations.

MÉMOIRE

SUR

L'ACIDE PERCHLORIQUE (CHLORIQUE OXIGÉNÉ).

PAR M. SÉRULLAS.

Dans l'une des dernières séances, j'ai eu l'honneur de lire un Mémoire dans lequel j'ai fait connaître des propriétés très-remarquables et jusqu'alors ignorées de l'acide chlorique; savoir: son action sur l'alcool qu'il transforme subitement en acide acétique, et celle qu'il exerce sur les matières organiques sèches dont il détermine violemment la combustion.

On pouvait présumer, ainsi que je l'ai dit, que le mode de préparation avait pu donner à l'acide que j'avais employé dans mes expériences ces propriétés jusque-là inaperçues. Depuis que j'en ai fait l'examen comparativement à de l'acide chlorique préparé par les deux moyens connus; il est identique, qu'on l'obtienne par le chlorate de barite et l'acide sulfurique ou autrement; qu'on l'évapore, soit à feu nu sans beaucoup de ménagement, soit à la douce chaleur d'une étuve ou dans le vide de la machine pneumatique; dès qu'il se concentre, il se colore en jaune, prend l'odeur d'acide

nitrique, et jouit, dans cet état, des propriétés dont j'ai fait l'exposé; mais il en est une autre très-importante que je n'avais pas encore observée.

On a dit que, dans la distillation de l'acide chlorique, une partie se volatilise, tandis qu'une autre se décompose et se sépare en chlore et oxigène. J'ai trouvé que ce changement n'avait lieu que sur une portion, et que l'autre se convertissait en *acide perchlorique*, à peu près un tiers de l'acide chlorique employé. C'est probablement le même acide que les chimistes ont considéré comme de l'acide chlorique, faute de l'avoir soumis à un nouvel examen après la distillation.

Ainsi, quand on distille de l'acide chlorique, après quelque temps d'ébullition, la partie aqueuse étant passée (on peut la rejeter comme inutile), un liquide incolore et dense adhère aux parois de la cornue; en augmentant alors la chaleur qui doit être assez forte jusqu'à la fin, sur tous les points de la panse de la cornue, où se rassemble le liquide, on le fait couler dans le récipient.

Ce liquide est de l'acide perchlorique qui, bien que concentré, n'enflamme pas le papier comme l'acide chlorique, mais qui donne à ce papier la propriété, lorsqu'on le met en contact avec un charbon incandescent, de lancer de vives étincelles avec un violent pétillement et souvent détonation.

On peut donc, en distillant l'acide chlorique, le transformer en acide perchlorique; du chlore et de l'oxigène se séparent en même temps qu'une partie de ce dernier se combine à la partie d'acide chlorique non décomposée, la fait passer à l'état d'acide perchlorique très-stable et susceptible

de distiller à une température élevée sans décomposition aucune.

Cet acide distillé a d'abord une légère couleur rose qui dépend très-probablement d'un peu de manganésate de potasse contenu dans le chlorate de potasse; mais, en le concentrant par la chaleur dans une capsule, il devient parfaitement incolore. Pour avoir la certitude que l'acide perchlorique soit pur, on peut lui faire subir une seconde distillation.

J'ai chauffé cet acide perchlorique avec de l'acide hydrochlorique; il n'a pas été altéré; mis en ébullition avec de l'alcool, il a également conservé ses propriétés.

Dans la concentration et l'ébullition de l'acide chlorique pour le transformer en acide perchlorique, le phénomène de la réaction doit être à peu près le même que celui qu'on observe dans l'action de l'acide sulfurique sur le chlorate de potasse qui donne lieu successivement à la même odeur d'acide nitrique, à l'inflammation du papier qu'on y plonge, enfin à un perchlorate de potasse.

Ce procédé, comme on voit, est extrêmement facile. Celui de M. le comte Stadion, à qui nous devons la découverte de l'acide perchlorique, dit chlorique oxigéné, est long, compliqué et d'une exécution très-dangereuse; aussi l'acide perchlorique est peu connu. Maintenant qu'on a le moyen de se le procurer abondamment et facilement, on pourra l'étudier; et cette étude plus approfondie, comme celle de tout corps richement oxigéné, ne peut manquer de nous révéler quelques propriétés nouvelles utiles à la science et aux applications.

J'ai décomposé du perchlorate de potasse par la chaleur rouge.

Il arrive assez souvent qu'une petite quantité de ce sel non décomposé est entraînée, sous forme de vapeurs blanches, par l'oxigène dégagé; mais, en armant le tube dans lequel s'opère la décomposition d'un autre tube recourbé qu'on fait plonger dans l'eau distillée, cette partie entraînée reste en majeure partie dans le tube; en le lavant avec soin, et évaporant jusqu'à dessication parfaite cette eau avec celle où plongeait le tube, on peut apprécier cette portion et la déduire de la quantité de la matière employée; c'est ce que j'ai fait.

Six expériences m'ont donné, en opérant sur 4 décigrammes chaque fois, déduction faite de la partie volatilisée et recueillie, pour perte moyenne, $1^{\text{decig.}},85$; ce qui fait assez exactement, quoique un peu plus, 46 pour cent, nombre indiqué par M. Berzélius, d'après lequel on a établi, comme l'avait déjà fait Stadion, la composition de l'acide perchlorique à 2 atomes de chlore et 7 atomes d'oxigène, c'est-à-dire :: 1 : 3,5.

J'ai voulu préparer, par le procédé de Stadion, du perchlorate de potasse; mais deux fois les capsules ont été brisées très-violemment malgré mes précautions; en sorte que je n'ai pas pu voir, comme c'était mon intention, si l'acide qu'on en retire est le même que celui de la distillation de l'acide chlorique. Je crois qu'on ne peut avoir de doutes à cet égard, d'après l'examen que j'ai fait du perchlorate de potasse que j'ai obtenu avec l'acide perchlorique produit par l'acide chlorique distillé. Les propriétés de ce sel sont telles qu'on les indique; il est très-peu soluble dans l'eau à la tem-

pérature ordinaire. J'ai versé comparativement de l'acide chlorique et de l'acide perchlorique dans une même dissolution étendue de potasse pure, séparée en deux parties égales ; l'acide perchlorique donne lieu aussitôt à un précipité abondant de perchlorate, lorsque l'autre ne la trouble pas.

MÉMOIRE

SUR

La cristallisation de l'acide oxichlorique (perchlorique), et sur quelques propriétés nouvelles de cet acide;

PAR M. SÉRULLAS.

En m'occupant des combinaisons, jusqu'ici inconnues, de l'acide oxichlorique avec les alcalis végétaux, j'ai vu que cet acide est susceptible de former avec la cinchonine un composé acide parfaitement cristallisé. La production d'un sel acide, dans ce cas, se rattachant au principe établi dans mes précédents mémoires, que les sels acides stables et bien caractérisés résultent généralement de l'union d'un acide solide à une base, j'ai cherché à vérifier si l'acide oxichlorique ne pourrait pas être obtenu à l'état concret, quoique sa combinaison avec la potasse m'eût fourni un résultat contraire, c'est-à-dire m'eût donné un sel que je n'avais pu faire passer à l'état acide.

Pour priver d'eau autant que possible l'acide oxichlorique, on le concentre d'abord par l'évaporation directe jusqu'au moment où il répand des vapeurs blanches assez abondantes; on le mêle ensuite avec quatre à cinq fois son vo-

lume d'acide sulfurique concentré dans une petite cornue à laquelle on adapte un récipient. Le mélange, qui se colore bientôt en jaune, étant porté à l'ébullition, laisse dégager du chlore et de l'oxigène par suite de la décomposition de la majeure partie de l'acide oxichlorique, en même temps qu'une petite quantité indécomposée de cet acide passe dans le récipient qu'on a soin de refroidir.

L'acide oxichlorique ainsi distillé est solide; il y en a quelquefois un peu de liquide, il ne contient pas d'acide sulfurique, ou des traces seulement, si l'ébullition a été ménagée.

Exposé à l'air, il en attire promptement l'humidité en donnant lieu à des vapeurs blanches très-épaisses; liquefié par la chaleur et versé dans l'eau, chaque goutte y produit un bruit semblable à celui qui résulte de l'immersion d'un fer rouge.

La partie solide entre en fusion à 45 degrés; elle se présente sous deux aspects, en masse et en longs cristaux qui m'ont paru des prismes quadrangulaires terminés par un sommet dièdre; ces derniers sont sans doute ceux qui contiennent le minimum d'eau, et conséquemment les plus volatils.

Voici les précautions à prendre pour obtenir sûrement l'acide oxichlorique cristallisé.

On introduit successivement, au moyen d'un long tube, l'acide sulfurique et l'acide oxichlorique dans une petite cornue non tubulée dont le col s'engage, sans bouchon, dans un tube courbé et effilé par une extrémité. On chauffe; lorsque le liquide est porté à l'ébullition, qu'on entretient avec peu de feu, on ne tarde pas à en voir une portion couler

lentement et se solidifier le long du tube qu'il suffit de refroidir avec de l'eau ; des vapeurs blanches épaisses s'échappent par le bout effilé.

Il faut arrêter l'opération avant la décoloration du mélange, et aussitôt qu'une goutte de liquide passe sur la partie solide sans se figer elle-même; parce que si l'on continue la distillation, l'eau provenant de l'acide oxichlorique décomposé, et dont la quantité augmente proportionnellement à cette décomposition, passe et redissout les cristaux, formant alors l'acide oxichlorique liquide non fumant. Par la même raison, on ne doit opérer que sur de petites quantités, huit ou dix grammes d'acide oxichlorique à la fois. Je saisis cette occasion pour ajouter quelque chose aux propriétés de l'acide oxichlorique liquide.

Cet acide peut être concentré par l'évaporation dans une capsule ou mieux dans une petite cornue, comme l'acide sulfurique. On rejette, ainsi que je l'ai déja dit, les premières portions, qui ne sont que de l'eau. Je l'ai amené à une densité de 1,65, l'eau étant 1 ; il serait peut-être possible de la porter un peu plus haut; toutefois, à ce point, il répand quelques vapeurs en l'air; il entre en ébullition à 200 degrés. Si, lorsqu'il est en ébullition dans un tube, on présente à sa vapeur, près de l'orifice, du papier sec, il s'enflamme vivement; exposé à l'air, il en attire puissamment l'humidité; 10 grammes, placés dans une petite capsule, ont absorbé, en 24 heures, $1^{gr},8$ d'eau atmosphérique; le dixième jour son poids s'était accru de 8 grammes.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SUR

Les changements qui s'opèrent dans l'état électrique des corps, par l'action de la chaleur, du contact, du frottement et de diverses actions chimiques, et sur les modifications qui en résultent quelquefois dans l'arrangement de leurs parties constituantes.

PAR M. BECQUEREL.

EXPOSÉ.

LES changements qu'éprouvent dans le cours des siècles plusieurs des substances qui composent la couche superficielle de notre globe, attirent depuis long-temps l'attention des physiciens, sans que la question ait été résolue. Dans un précédent Mémoire, j'ai cherché à découvrir quelques-unes des causes qui concourent à ces changements. La discussion qui s'est élevée entre les vulcanistes et les neptunistes, relativement à l'origine probable de la terre, a contribué souvent à déplacer et même à compliquer l'état de la question. D'un autre côté, les efforts que l'on a tentés pour rendre compte de tous les phénomènes, en les supposant produits uniquement par les affinités chimiques, n'ont pas toujours été heureux. Lorsque l'on trouve, par exemple, dans la terre des substances qui ont éprouvé dans toute leur masse des modifications, soit

par l'introduction d'éléments étrangers, soit par des changements dans l'arrangement de leurs parties constituantes, on sent qu'il y a là autre chose que des affinités chimiques, et qu'il est nécessaire d'admettre des forces, qui transportent les éléments à travers même les corps. Les courants électriques réunissent bien, au premier aperçu, la plupart des conditions voulues pour représenter ces forces; mais ce n'est que par un examen attentif et une étude approfondie des phénomènes que l'on peut décider si l'électricité y joue un rôle quelconque; quelque difficile et long que soit ce travail, qui se rattache à celui sur le transport des éléments de diverses natures, dans les organes des animaux et des végétaux, j'ai hasardé de m'y livrer de nouveau, dans l'espoir que mes recherches contribueront peut-être à fournir quelques données utiles à la solution d'une des plus grandes questions de la philosophie naturelle.

Il est généralement admis maintenant par toutes les découvertes récentes, que la terre a eu une origine ignée, c'est-à-dire qu'elle a été primitivement en incandescence; plusieurs théories ont été imaginées pour expliquer cette origine, mais je me bornerai à rappeler succinctement celle de notre célèbre Laplace, qui a cherché à accorder, autant que possible, les observations avec les résultats de l'analyse mathématique, garantie que l'on doit toujours avoir avant d'admettre une théorie. Je la mentionne d'autant plus volontiers qu'elle est en harmonie avec les idées que je me suis faites de plusieurs grands phénomènes qui s'y rapportent. La considération des mouvements planétaires conduit à penser qu'en vertu d'une chaleur excessive, l'atmosphère du soleil s'est primitivement étendue au-delà des orbes de toutes les planètes, et qu'elle

s'est resserrée successivement jusqu'à ses limites actuelles. Les planètes ont été formées à ces limites successives par la condensation des zones de vapeur qu'elle a dû abandonner, en se refroidissant dans le sens de l'équateur. L'abaissement de température en permettant ensuite aux molécules des substances terrestres, mêlées dans les vapeurs, de s'unir ensemble, a déterminé une immense variété de combinaisons. Les couches de la terre ont dû avoir des densités croissantes de la surface au centre, et ont dû se disposer régulièrement autour du centre de gravité, de manière à prendre une forme à peu près elliptique.

L'abaissement de température aura successivement amené de prodigieux changements dans l'intérieur de la terre, dans toutes ses productions, dans la constitution et la pression de l'atmosphère, dans l'Océan et les corps qu'il a tenus en dissolution. Si l'on ajoute encore à ces changements ceux dus à la présence de l'eau devenue liquide lors du refroidissement, ou qui s'est introduite par infiltration avec l'air, dans certaines formations, on concevra facilement combien il s'est opéré et il s'opère encore de nos jours de mutations dans l'arrangement des éléments de quelques-unes des substances qui constituent la partie superficielle de la terre. Remonter à l'origine de tous ces phénomènes, tâcher d'en découvrir les causes et les lois physiques, tel est le but des recherches que j'ai entreprises, et qui sont la suite de celles que j'ai déja eu l'honneur de faire connaître à l'Académie sur le même sujet.

Pour répondre à ces diverses questions, il est indispensable de présenter préalablement des considérations générales sur certaines propriétés de la matière qui n'ont pas encore été suffisamment développées. Tous les corps, quand ils sont

soumis à l'action de la chaleur ou de forces mécaniques, éprouvent des effets plus ou moins variés, qui paraissent dépendre de diverses causes; c'est ainsi que l'on voit ces corps changer de volume, produire de l'électricité, perdre ou acquérir du magnétisme, devenir plus ou moins attaquables par les agents chimiques, développer de la lumière, etc.... Rien ne prouve que ces effets n'émanent pas d'un principe unique capable d'être modifié dans certaines circonstances. Cette idée est en harmonie avec l'unité d'action, que l'on suppose présider à tous les phénomènes. Je sais qu'il n'est pas possible de remonter aux causes premières, c'est-à-dire aux causes qui ont donné l'impulsion aux forces motrices; mais celles-ci une fois mises en action peuvent éprouver des changements, qui modifient les propriétés de la matière. Les recherches qui s'y rapportent rentrent dans le cercle de celles que j'ai indiquées précédemment. En garde contre toutes les théories, que je ne considère en général que comme des échafaudages propres à classer les faits et à aider la mémoire, je ne présenterai moi-même des idées théoriques qu'avec la plus grande circonspection, et autant que possible je laisserai parler les faits.

PREMIÈRE PARTIE.

DES EFFETS DE LA CHALEUR SUR LE FLUIDE ÉLECTRIQUE DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES, CONSIDÉRÉES SÉPARÉMENT OU EN CONTACT, ET DE L'ÉTAT DES ATOMES DANS LES COMBINAISONS.

CHAPITRE PREMIER.

Des effets de la chaleur sur le fluide électrique naturel des métaux.

On ignore ce que c'est à proprement parler que l'état électrique des corps. On appelle corps électro-positifs ou corps électro-négatifs ceux qui ont une tendance à se combiner avec les acides ou avec les bases. Il n'y a là rien d'absolu, puisqu'il y a des bases qui jouent le rôle d'acide par rapport à d'autres bases. Cette définition est fondée sur la propriété dont jouissent les substances acides de se transporter au pôle positif d'une pile, et les substances alcalines au pôle négatif, quand elles sont soumises à son action. Davy a admis aussi qu'à l'instant du contact d'un alcali avec un acide quand il n'y a pas action chimique, il se manifeste dans chacun d'eux un état électrique qui justifie la décomposition des sels par la pile. Voilà tout ce que nous savons sur les propriétés électro-chimiques des corps. Cherchons s'il n'y aurait pas possibilité d'acquérir quelques notions de plus à cet égard.

Les corps ne possèdent dans leur état ordinaire que du fluide électrique naturel. Ainsi leur propriété électrique ne peut consister que dans la faculté d'émettre telle ou telle électricité et de conserver l'autre, quand ils sont en contact, qu'ils se combinent

ensemble ou qu'ils sont frottés les uns contre les autres. En partant de ce principe, la théorie ingénieuse de M. Ampère sur la nature électrique des atomes et des atmosphères qui les entourent, rend compte d'une manière assez satisfaisante de quelques-uns des phénomènes relatifs aux affinités; mais pour l'instant je n'en fais pas l'objet d'une discussion, mon but étant seulement d'exposer les faits et d'en tirer des conséquences utiles à la théorie électro-chimique. Il est indispensable d'abord d'étudier l'action de la chaleur sur l'électricité naturelle des substances métalliques dont les effets sont moins variables que dans les autres corps.

Nous savons depuis long-temps que lorsqu'on élève la température d'un corps qui donne ordinairement de l'électricité positive, dans son frottement avec un autre, ce corps perd de plus en plus cette faculté, et finit par prendre l'électricité négative. C'est ainsi que le spath d'Islande, qui est éminemment positif avec presque tous les corps, devient négatif, quand on élève suffisamment sa température. Par la même raison, un corps, qui est ordinairement négatif, acquiert de plus en plus cette faculté, quand on le chauffe. J'ai pensé qu'il était probable que l'on devait retrouver quelque chose d'analogue dans les métaux, considérés les uns comme électro-positifs, les autres comme électro-négatifs. D'un autre côté, la chaleur dilatant les corps, c'est-à-dire écartant de plus en plus leurs molécules, ne produirait elle pas des effets électriques analogues à ceux que l'on observe ordinairement dans le clivage des substances cristallisées, au moyen duquel on détruit l'attraction moléculaire?

Ce rapprochement paraît tout naturel, et nous verrons plus loin jusqu'à quel point il est fondé. En attendant je présen-

terai quelques observations sur les phénomènes électriques de pression, qui ont de grands rapports avec les précédents. Un grand nombre de faits montrent que, lorsqu'il y a adhérence entre deux corps, par suite d'une attraction réciproque entre les surfaces, et que l'un d'eux n'est pas bon conducteur de l'électricité, ils prennent chacun un excès d'électricité contraire, au moment de leur séparation ; dans les expériences électriques de pression, on obtient toujours un développement d'électricité d'autant plus considérable, qu'il y a eu une adhérence plus forte entre les deux corps pressés. Les phénomènes électriques de pression et ceux de clivage ont aussi de grands rapports entre eux ; car, lorsqu'on sépare brusquement des lames de mica ou de chaux sulfatée, chacune d'elles emporte un excès d'électricité contraire ; si on les rapproche de nouveau, en les remettant dans la même position où elles se trouvaient avant leur séparation, et exerçant une légère pression au point de les faire adhérer, on obtient les mêmes phénomènes qu'à l'instant de leur première séparation, c'est-à-dire que chaque lame prend la même espèce d'électricité. Cette propriété ne dure que quelques instants, peut-être jusqu'à ce que les molécules aient repris leur état d'équilibre ordinaire ; on la leur rend en élevant leur température. En général l'effet est d'autant plus marqué qu'on a élevé davantage la température du cristal avant le clivage.

L'expérience suivante nous montrera l'influence du rapprochement des molécules pour augmenter le dégagement de l'électricité, quand on vient à séparer les corps comprimés.

Muni d'un appareil propre à comprimer deux corps d'une quantité donnée, et d'une balance électrique de Coulomb, dont le fil de torsion en platine est suffisamment fin pour

comparer de très-petites forces électriques, j'ai cherché à déterminer ce qui se passe, lorsqu'on place deux corps sous l'action d'une pression quelconque et qu'on les sépare brusquement. Voici les principaux résultats : l'excès d'électricité acquis par chaque corps est proportionnel à la pression, toutes les fois que celle-ci n'est pas suffisante pour désorganiser les corps; mais si les deux corps sont sous l'action d'une certaine pression, et qu'on vienne à diminuer celle-ci de moitié, sans que le contact change, l'effet de la pression perdue subsiste pendant un temps, dont la durée dépend du degré de conductibilité, de sorte que si l'on retire immédiatement ces corps de la compression, chacun d'eux emporte un excès d'électricité contraire, plus grand que celui dû à la pression restante. Maintenant, au lieu de séparer les corps, lorsque la pression a été diminuée, on rend celle qui a été enlevée, et l'on répète plusieurs fois ce mode d'action. Une lame de spath d'Islande et un disque très-mince de liége donnent les résultats suivants : les deux corps sont d'abord sous la pression de 4 kilogrammes, on la réduit à moitié, sans changer le contact, et une minute après on les sépare ; la tension de l'électricité de chaque disque est représentée par 170. Si la séparation eût eu lieu pendant la pression de 4 kilogrammes, la tension aurait été de 250, et pendant la pression de 2 kilogrammes de 125, qui est la moitié. On voit que dans le premier cas, l'effet produit par la pression qui a été perdue, subsiste encore en partie; car on aurait dû avoir 125 pour la pression 2, tandis que l'expérience a donné 170.

Au lieu de séparer les corps, quand on a réduit la pression de quatre à deux, on leur rend la pression de 2 kilogrammes qui a été enlevée, et l'on répète plusieurs fois ce jeu alter-

natif de pressions simples et de pressions doubles. On trouve en définitive que le disque de liége ne possède jamais plus que l'intensité 250, relative à la pression la plus forte. Des résultats précédents nous pouvons tirer les conséquences suivantes : 1° que l'électricité développée est proportionnelle à la pression; 2° que lorsque les molécules ont été comprimées, l'effet de la pression perdue subsiste encore quelque temps, bien que le contact n'ait pas cessé d'avoir lieu. Avec des substances conductrices, il n'en est plus de même, attendu que les deux électricités dégagées se recombinent instantanément aussitôt que la pression a cessé.

Je ferai encore observer que l'électricité naturelle des métaux, étant décomposée avec une grande facilité par le frottement ou l'influence d'un corps électrisé, et que les métaux eux-mêmes pendant cette décomposition, n'éprouvant aucun changement appréciable dans leur constitution, il est permis de croire qu'une partie du fluide s'y trouve en quelque sorte en réserve pour les cas où l'équilibre des molécules est troublé. Cette conjecture est fondée d'une part sur ce que la nature ne fait rien en vain, et de l'autre sur les nombreux rapports qui existent entre le fluide électrique, la chaleur et les forces d'où dépendent les affinités.

Examinons maintenant comment la chaleur agit sur le fluide électrique. Les premiers physiciens qui s'occupèrent de recherches sur l'électricité, pensaient que la chaleur exaltait la force répulsive de chacun des deux fluides; pour le prouver, ils firent l'expérience suivante : après avoir fermé hermétiquement à la lampe un tube de verre électrisé intérieurement, ils trouvèrent que ce tube donnait des signes d'électricité très-marqués en élevant sa température; ils en conclurent que la

chaleur exerçait une influence sur elle; mais le verre devenant en même temps meilleur conducteur, laissait passer une portion du fluide accumulé dans l'intérieur du tube, de sorte qu'on ne pouvait en conclure que son pouvoir était exalté. Pour reconnaître s'il y a réellement une action, il faut opérer de la manière suivante. On prend une bouteille de Leyde AB (fig. 1re), à la surface de laquelle on fixe une tige conductrice RS; cette bouteille est fermée par un bouchon *gg* traversé par une tige *bb*, fixée elle-même, par sa partie supérieure, à une cloche en verre *abc*, et portant à l'extrémité opposée une masse de métal P. La bouteille ayant été électrisée intérieurement, on la place dans un autre vase rempli de glace, de manière que la tige RS soit en dehors; puis après avoir retiré le bouchon, on fait chauffer fortement la masse P, que l'on replace dans la bouteille. La cloche *abc* qui s'applique aussi bien que possible sur la bouteille, empêche que celle-ci ne se décharge; la masse P échauffe peu à peu l'intérieur de la bouteille, sans changer sensiblement la température des parois extérieures qui sont environnées de glace. Si l'on présente alors à un électroscope le bouton S, on n'y aperçoit aucun signe d'électricité libre, par conséquent la chaleur n'a pas exalté d'une manière sensible l'action du fluide électrique de l'intérieur de la bouteille; car si elle l'eût fait, l'électricité de la surface extérieure aurait été décomposée, et la tige RS aurait communiqué à l'électroscope l'électricité repoussée.

L'action de la chaleur sur le fluide neutre est loin d'être nulle comme celle sur le fluide libre. Essayons si, comme je l'ai avancé, la chaleur ne produirait pas sur le premier un effet analogue à celui du clivage, c'est-à-dire si elle ne tendrait pas à modifier l'attraction réciproque des deux élec-

tricités, et par suite à produire une recomposition d'une partie des deux fluides rendue libre. L'expérience vient à l'appui de cette conjecture. Dans un précédent Mémoire, j'ai cherché à démontrer le principe suivant: quand un fil métallique ou une suite $a\,a'\,a''$, etc. de molécules métalliques, liées entre elles par la force d'agrégation, est en contact par l'une de ses extrémités a, avec une source de chaleur b, telle qu'un tube de verre porté au rouge ou autre corps, à l'instant où la chaleur commence à se propager, cette extrémité prend l'électricité positive, tandis que l'électricité contraire est chassée vers les molécules contiguës; mais a' recevant la chaleur de a, a'' de a', etc., la seconde molécule qui s'échauffe aux dépens de la première prend à celle-ci l'électricité positive et lui donne de l'électricité négative, ainsi de suite pour les autres molécules. Il en résulte une suite de décompositions et de recompositions du fluide neutre tant que dure l'élévation de température (*Annales de chimie et de physique*, tom. XLI, p. 355). La propagation de la chaleur s'effectue d'une manière à peu près analogue: car il est assez généralement admis que, lorsqu'une barre de métal plonge par un de ses bouts dans un milieu plus chaud que l'air environnant, chaque point infiniment petit de la barre reçoit de la chaleur par le contact du point qui précède et en communique à celui qui le suit; qu'un même point est influencé non-seulement par ceux qui le touchent, mais encore par ceux qui l'avoisinent à une petite distance en avant et en arrière, de manière qu'il se produit dans l'intérieur de la barre un véritable rayonnement de molécule à molécule, qui a quelque analogie avec les actions électriques de molécule à molécule que j'ai indiquées.

Dans les expériences qui vont suivre, il faudra tenir compte de l'électricité qui se dégagera dans les actions chimiques qu'éprouveront les corps sur lesquels on opérera; car le principe que j'ai découvert, il y a quelques années, qu'il n'y avait pas de réaction chimique sans dégagement d'électricité, ne présente aucune exception. A la vérité, il est difficile souvent de décider si les affinités des corps ont été mises en jeu, car on ignore précisément l'instant où elles commencent; mais ne pourrait-on pas considérer le simple contact des surfaces comme leur point de départ? les affinités augmentant ensuite à mesure que l'on diminuerait la force d'agrégation par l'effet de la chaleur, se termineraient par la combinaison; ce serait le moyen d'embrasser tous les phénomènes électriques, qui se produisent pendant l'action des affinités, depuis l'instant où elles commencent jusqu'à celui où elles finissent.

Des observations récentes m'ont mis à même de donner plus d'extension au principe relatif aux effets électriques qui se manifestent, quand on élève la température d'une lame métallique par un de ses bouts. On place sur le plateau supérieur d'un excellent électroscope à feuilles d'or de Bonhenberger (en évitant le contact des métaux hétérogènes) un fil de platine, dont le bout qui est en dehors est enroulé en spirale. On porte au rouge la température de celle-ci, avec une lampe à alcool que l'on retire aussitôt; puis l'on touche la spirale avec une bande de papier humide, après avoir mis le plateau inférieur en communication avec le réservoir commun; on trouve que la petite bande de papier s'est emparée de l'électricité positive, et que l'électricité négative est restée libre sur la surface du métal. En répétant l'expérience d'une manière inverse, c'est-à-dire en tenant entre les doigts le fil de platine par le

bout opposé à la spirale, et faisant communiquer celle-ci, quand elle est rouge, avec une bande de papier humide, on trouve que cette bande a pris de l'électricité positive. Ce résultat qui est le même pour l'or et l'argent, ne dépend pas de l'électricité qui se dégage pendant la combustion de l'alcool, puisque l'expérience ne commence que lorsque la lampe a été retirée. Il ne peut être attribué non plus à la présence de l'eau, dans la bande de papier, ni à l'altération de celle-ci par l'effet de la chaleur, deux causes qui peuvent donner de l'électricité; car il est encore le même quand on se sert pour enlever l'électricité positive du métal, d'un tube de verre dont on a élevé la température au même degré que lui. Voici comment se fait cette dernière expérience. On prend un tube de verre d'un petit diamètre, et d'une longueur de 12 à 15 millimètres. A l'un de ses bouts, on fixe un fil de platine d'un demi-millimètre de diamètre, que l'on soude à la lampe, en ramollissant le verre; on fixe à l'autre bout un fil de même métal d'un très-petit diamètre, puis l'on met en communication le plus gros fil de platine avec l'un des plateaux du condensateur, en évitant le contact des métaux hétérogènes, et l'on tient le bout libre de l'autre fil entre les doigts; on porte au rouge l'extrémité du petit tube, à laquelle est fixé ce dernier fil; sa température étant plus élevée que celle de l'autre, qui est plus gros et plus éloigné du foyer de chaleur, et le tube devenant en même temps conducteur de l'électricité, il en résulte une rupture dans l'équilibre de deux électricités de chaque fil. D'après la disposition de l'appareil on aura une différence d'effets, qui sera à l'avantage du petit fil, dont le bout en contact avec le tube possède la température la plus élevée. On n'a même pas besoin de porter la température jusqu'au rouge pour obtenir ce ré-

sultat. Ce procédé donne les effets électriques de tension, que l'on obtient dans un fil de platine dont les deux bouts n'ont pas la même température, indépendamment de toute cause étrangère, capable de les modifier.

M. Dessaignes, il y a une vingtaine d'années, avait déja observé qu'en élevant la température d'un des bouts d'une lame d'argent, tandis que celle de l'autre restait à la température de l'air ambiant, on obtenait des contractions dans la grenouille, lorsque l'on mettait en communication le nerf avec l'un des bouts, et le muscle avec l'autre. Il ne put obtenir aucun effet de tension; les appareils n'avaient pas alors le degré de sensibilité qu'on leur a donné depuis.

Les métaux qui ont été soumis à l'expérience sont ceux qui ne sont pas oxidables; par conséquent les effets obtenus ne peuvent être attribués à des altérations passagères éprouvées par les surfaces. Le fer, le cuivre, donnent des résultats semblables; seulement il faut élever davantage leur température pour les obtenir constants; mais comme dans ce cas, il y a réellement oxidation, les effets électriques doivent être dus et à la différence de température et à l'oxidation; c'est donc un phénomène composé. Doit-on, dans cette circonstance, attribuer l'effet produit uniquement à l'action de l'air sur le fer ou le cuivre? je ne le pense pas. Voici mes raisons : quand on a une série de corps, qui présentent dans les mêmes circonstances, des phénomènes absolument semblables, on est porté à leur attribuer une origine commune, bien que quelques-uns de ces corps éprouvent des modifications qui pourraient donner lieu à ces phénomènes. D'un autre côté, le fer et le cuivre s'oxidant fortement quand on élève leur température, prennent l'électricité négative, tandis que la couche en-

vironnante d'air possède l'électricité positive; mais, comme ces métaux sont en contact avec le verre, qui est devenu conducteur par l'élévation de température, celui-ci devrait prendre l'électricité négative de chaque métal. Or, comme il s'empare de l'électricité positive, on n'aperçoit pas de motif, autre que celui qui a été signalé plus haut, pour que les choses se passent ainsi. Nous sommes donc conduits à reconnaître que la chaleur exerce une action semblable sur le fluide électrique naturel des métaux, laquelle varie probablement d'intensité d'un métal à l'autre suivant la nature de chacun d'eux.

Quant au bismuth, à l'étain et à l'antimoine, les effets sont à peine sensibles. Il semble donc qu'il existe une ligne de démarcation assez bien marquée entre les métaux non oxidables, et la plupart de ceux qui le sont relativement à leurs propriétés thermo-électriques. Il peut se faire que cela tienne à ce que la chaleur exalte davantage le pouvoir électrique des métaux électro-négatifs, que celui des métaux électro-positifs. Nous verrons plus loin jusqu'à quel point cette supposition peut être admise.

Peut être est-ce là aussi une des causes qui contribuent à rendre plus facilement décomposables par la chaleur les oxides des métaux électro-négatifs, que ceux des métaux électro-positifs; car l'oxigène et les métaux électro-négatifs acquérant davantage par l'élévation de température la faculté négative, se trouvent soumis à une force répulsive plus grande.

On pourrait croire que dans le fil de platine, dont les deux bouts n'ont pas la même température, les deux électricités sont séparées comme dans un couple voltaïque; mais il n'en est pas ainsi, car si l'on touche un des disques de ce couple avec le doigt, l'autre acquiert une tension à peu près double,

tandis que si l'on touche l'extrémité froide du fil de platine, l'autre ne prend aucune électricité, comme il est facile de le vérifier, en essayant de charger le condensateur, avec la spirale incandescente, par plusieurs contacts successifs, après avoir touché préalablement le bout froid. Cette différence d'effet dans le couple voltaïque et dans le fil de platine est facile à expliquer : en admettant l'action électro-motrice de Volta, dans le premier cas les deux électricités sont en équilibre sur la surface de contact, tandis que dans un fil dont les deux bouts n'ont pas la même température, il n'y a aucune surface de séparation entre la partie chaude et la partie froide, puisque la chaleur va en se propageant, suivant une certaine loi continue, jusqu'à l'extrémité opposée. Ainsi dans ce dernier cas on ne pourrait pas concevoir comment les deux électricités seraient séparées. J'ai avancé précédemment qu'il pourrait se faire que la chaleur exaltât différemment le pouvoir électrique des métaux, suivant leur degré d'oxidabilité, propriété qui aurait de l'analogie avec celle que l'on observe dans les phénomènes électriques de frottement des corps dont on élève la température; mais comment s'opère cette exaltation du fluide naturel? voici la théorie qui explique le mieux jusqu'à présent les faits qui ont été observés. Tous les corps renferment entre leurs molécules du fluide neutre, c'est un fait incontestable, mais nous ignorons de quelle manière est placée chacune des deux électricités qui le composent par rapport aux molécules; c'est là où est la difficulté que M. Ampère a essayé de résoudre en imaginant des atmosphères électriques autour d'elles. Je suis porté à croire, d'après mes expériences, qu'il s'établit par l'effet de l'élévation de température, autour de deux molécules contiguës une accumulation d'électricité

contraire, dont la quantité est proportionnelle à cette température, et dont la recomposition immédiate s'effectue sans qu'il y ait séparation apparente des deux électricités; c'est donc un effet électrique de mouvement. Vient-on à séparer les molécules, chacune d'elles prend l'excès d'électricité relatif à la portion d'électricité qui l'entoure. Cette théorie est basée sur les effets électriques de clivage, dont l'intensité augmente avec l'élévation de température, et sur les phénomènes thermo-électriques de tension rapportés plus haut.

Dans les propriétés calorifiques de la pile, on retrouve quelque chose d'analogue. On sait que, lorsqu'on fait passer un courant suffisamment énergique dans un fil de métal pour qu'il ne puisse circuler librement, ce fil s'échauffe et sa température peut être portée jusqu'à l'incandescence. Le courant s'établit dans le circuit par une suite de décompositions et de recompositions de fluide électrique, lesquelles déterminent dans chaque particule du fil une forte polarité électrique, telle que les deux particules en regard possèdent chacune une électricité contraire. Il paraît que c'est lorsque ces électricités successives ne peuvent se recombiner instantanément, que la chaleur se manifeste dans le fil. Dans le premier cas, que j'ai considéré, celui des effets thermo-électriques, la chaleur paraît augmenter la polarité électrique; dans le second, c'est la polarité qui produit de la chaleur.

Je dois rappeler ici un fait dont l'explication est facile d'après ce qui précède : en cherchant à découvrir l'électricité qui se dégage dans la combustion du gaz hydrogène ou de l'alcool, au moyen de fils de platine plongeant dans les flammes, j'obtins des effets que j'annonçai avec réserve, dans la crainte qu'ils ne fussent dus non-seulement à l'électricité qui se dégage pendant la combustion du gaz, mais encore à quel-

que propriété qu'acquièrent les métaux à certaine température (*Annales de chimie et de physique*, t. XXXVI, p. 329). Sans entrer dans de nouveaux détails à cet égard, je rapporterai seulement le fait général. Un fil de platine communique par l'un de ses bouts et par l'intermédiaire d'une bande de papier humide à l'un des plateaux d'un condensateur, l'autre bout est placé dans une des enveloppes d'une flamme produite par la combustion de l'alcool, renfermé dans un vase de cuivre que l'on tient à la main. On peut même placer le bout du fil extérieurement à la flamme, pourvu qu'il y atteigne la température rouge. Il prend aussitôt un excès considérable d'électricité négative, que l'on ne doit pas attribuer entièrement à celle dont s'empare l'alcool pendant la combustion. Pour le prouver, reprenons l'avant-dernière expérience : aussitôt que le bout du fil de platine a atteint la température rouge, retirons la lampe et touchons ce bout avec une bande de papier humide, ou bien un bout de tube de verre chaud. L'effet est le même que lorsque le fil touchait à la flamme, ou s'en trouvait à peu de distance. Il est bien probable que le dégagement de l'électricité est dû, dans ce dernier cas, en partie à la différence de température entre les deux bouts, et que la flamme a soutiré l'électricité positive du fil, comme l'ont fait la bande de papier et le tube de verre; ce qui confirme cette opinion, c'est que l'effet est le même, soit que l'on fasse rougir le fil dans la flamme intérieure ou dans la flamme extérieure, qui ne possèdent ni l'une ni l'autre la même espèce d'électricité. Je n'en persiste pas moins à admettre que, pendant la combustion de l'alcool ou de l'hydrogène, l'enveloppe extérieure doit prendre l'électricité positive.

Je dois donner pareillement ici l'explication d'un fait découvert par M. Erman, et dont la cause, suivant moi, n'est

pas celle que lui a attribuée ce savant physicien. On place sur un électroscope une lampe aphlogistique de Davy, dont le fil de platine est tenu en incandescence, tant qu'il se dégage de la vapeur d'alcool de la lampe. On présente au-dessus de la spirale le pôle négatif d'une pile sèche, les deux feuilles d'or divergent aussitôt; on présente ensuite de la même manière le pôle positif, et il n'y a aucune divergence; ainsi le fil de platine incandescent n'a donné passage qu'à l'électricité négative; le contraire a eu lieu, quand l'électricité a passé d'un fil incandescent dans un autre qui ne l'est pas. M. Erman en a conclu une réciprocité d'action isolante et conductrice du fil incandescent pour chaque fluide. Je suis bien éloigné d'en tirer cette conséquence, comme on va voir. D'abord quand on présente successivement à un fil de platine, dont la température a été portée préalablement au rouge par tout autre procédé, les deux pôles d'une pile sèche, ce fil conduit également bien chacune des deux électricités. En outre, d'après les connaissances que nous avons acquises sur les effets électriques qui se produisent dans la combustion des gaz et dans l'élévation de température, la partie de l'air qui environne le fil incandescent de la lampe aphlogistique doit se trouver dans un état positif, et le fil qui se trouve au milieu de la vapeur alcoolique, dans un état négatif. De plus, d'après ce que j'ai exposé précédemment, la partie du fil qui est en incandescence, doit céder facilement l'électricité positive aux corps adjacents. Cela posé, quand on présente à ce fil le pôle négatif d'une pile sèche, il y a deux motifs pour que l'électricité négative neutralise et l'électricité positive de l'air environnant et celle du fil incandescent qui tend à s'échapper par l'intermédiaire de la flamme. L'électricité négative du fil

devenant alors libre manifeste son action sur l'électroscope. En répétant l'expérience d'une manière inverse, c'est-à-dire en faisant sortir successivement chacune des deux électricités par le fil incandescent, comme celui-ci tend à être négatif, il neutralise l'électricité positive qui arrive, et rend libre celle de l'air ambiant et du bout incandescent. Il n'est donc pas nécessaire, pour expliquer le phénomène, d'avoir recours à une réciprocité d'action isolante et conductrice dans le fil incandescent; car le fait s'explique aisément par les propriétés que j'ai exposées précédemment.

La spirale incandescente de la lampe aphlogistique va nous servir à faire deux expériences qui montreront de nouveau l'influence de la chaleur sur l'électricité naturelle des métaux. Soit A B (fig. 2) une lampe en cuivre remplie d'alcool, *c c* une tubulure, *d d* un bouchon dans lequel passe un tube E F en verre recouvert d'un vernis à la gomme laque. Une mèche de coton traverse ce tube, et débouche, d'une part, dans l'alcool, et de l'autre par le bout E, auquel est adaptée une spirale en platine *g* qui reste incandescente dans toutes ses parties, aussitôt que l'on élève suffisamment sa température. Au moyen de cette disposition, la spirale ne peut communiquer avec l'intérieur de la lampe, que par l'intermédiaire de la vapeur alcoolique et de la mèche. Posons cet appareil sur le plateau supérieur d'un excellent électroscope, dont le plateau inférieur est en communication avec le réservoir commun, et touchons la spirale avec un fil de platine ordinaire, il est bien évident qu'on donne alors écoulement à l'électricité négative que prend la spirale pendant la combustion de l'alcool, et à celle que fournit le bout qui est à la température ordinaire; dans ce cas on trouve, comme on devait s'y attendre,

que la spirale a pris l'électricité positive. En la touchant avec une bande de papier humide, le résultat est contraire; la spirale prend l'électricité négative, parce que le métal incandescent, comme je l'ai déja dit, transmet l'électricité positive au papier humide, laquelle est sans doute plus forte que l'électricité négative acquise par la spirale pendant la combustion. On n'a pas jusqu'à présent d'autre moyen de constater l'effet de la chaleur sur le fluide neutre d'un métal dont la température est partout la même. En résumant tout ce que j'ai dit, on voit d'un côté par les phénomènes électriques de clivage, et ceux de pression, que deux molécules réunies par la force d'agrégation se trouvent dans deux états électriques contraires, dont l'intensité augmente avec la température et qui se neutralisent par leurs actions opposées; et de l'autre, par les résultats obtenus en élevant la température des métaux, qu'une semblable disposition paraît également avoir lieu entre leurs parties constituantes.

Chapitre II.

Des effets électriques produits dans le contact des corps conducteurs.

Après avoir développé autant qu'il a été possible l'action de la chaleur sur le fluide électrique naturel des corps conducteurs, abstraction faite de tous effets électro-chimiques, je vais tâcher d'indiquer ce qui se passe dans le contact mutuel des mêmes corps, soit qu'ils possèdent la même température, soit qu'ils aient des températures différentes. Volta voulant combattre la doctrine de Galvani sur les contractions musculaires, conçut l'idée qu'elles étaient dues à l'électricité qui se développe dans le contact de deux substances hété-

rogènes. Ainsi suivant cet illustre physicien, deux substances se constituent toujours dans deux états électriques contraires par leur contact mutuel, abstraction faite de toute altération chimique que peuvent éprouver les surfaces. Les savants s'empressèrent d'adopter ce principe qui servit de base à toutes les recherches électro-chimiques entreprises depuis 30 ans. Aussitôt après que j'eus observé et analysé les phénomènes électriques qui se produisent dans toutes les actions chimiques, et dans diverses circonstances où l'état moléculaire des corps éprouve des changements, M. Aug. de La Rive avança que l'action de contact admise par Volta dans le cuivre et le zinc par exemple, n'était que le résultat de la différence des actions chimiques de l'air et de l'eau sur chacun des deux métaux; d'où résultait un dégagement d'électricité tel que le zinc devenait positif et le cuivre négatif. Cet habile physicien généralisa ainsi le principe que j'avais trouvé, que lorsqu'un acide réagit sur une base, l'acide prend l'électricité positive, et la base l'électricité négative. Cette opinion fut appuyée d'expériences qui parurent si concluantes qu'elle trouva beaucoup de partisans, et que l'on regarda assez généralement comme renversée la théorie de Volta. Quelques physiciens cependant continuèrent à soutenir la théorie du contact. Dans cet état de choses, voulant m'éclairer moi-même sur la vérité, j'ai cru devoir faire diverses séries d'expériences que je vais rapporter, en mettant de côté toute idée systématique.

Il est bien certain d'après toutes mes expériences, que lorsqu'on touche une lame de métal oxidable avec un corps humide ou un doigt mouillé, la réaction du liquide sur le métal produit des effets électriques tels que le métal prend l'électricité négative, et le corps ou le doigt l'électricité positive. Voilà

une cause de dégagement du fluide électrique que Volta n'avait pas soupçonnée, et qui certainement doit avoir une grande influence sur les phénomènes de contact. Cette observation suffit pour montrer que lorsqu'on opère avec un condensateur, dont les plateaux sont en cuivre, on peut obtenir des effets qui compliquent ceux que l'on a en vue, puisque le contact du cuivre avec le doigt, qui est toujours plus ou moins humide et recouvert de corps étrangers, donne lieu à un dégagement d'électricité.

Parmi toutes les expériences que nous devons à la sagacité de M. de La Rive, voici une de celles qui lui ont servi à combattre la théorie de Volta. Un couple voltaïque formé de deux lames cuivre et zinc, à l'une desquelles est fixée une tige en bois, que l'on tient à la main au moment de l'expérience, est maintenu pendant un certain temps avec la tige dans un milieu desséché par le chlorure de calcium. On ne peut alors parvenir à charger le condensateur; mais aussitôt que l'air est devenu humide par l'introduction de la vapeur d'eau, la charge s'effectue, le zinc fournit au condensateur l'électricité positive, et le cuivre l'électricité négative. M. Aug. de La Rive en a conclu que le zinc ayant été plus attaqué que le cuivre par l'eau, a repoussé dans ce dernier métal l'électricité négative qu'il avait prise pendant son oxidation, et a gardé à sa surface l'électricité positive. D'après cela, suivant cet habile physicien, il n'existe pas d'action électro-motrice là où il n'y a pas d'action chimique. Je suis bien éloigné de combattre les observations intéressantes de M. de La Rive sur l'influence des agents extérieurs dans la production de l'électricité de contact; mais je prendrai la liberté de lui faire quelques observations sur la conséquence qu'il a tirée du résultat négatif,

quand il a opéré dans un air très-sec : dans un couple voltaïque cuivre et zinc par exemple dont l'un des métaux est en communication avec un des plateaux du condensateur, on ne peut obtenir une charge électrique qu'autant que l'autre métal est en communication directe avec le réservoir commun, c'est-à-dire qu'il communique avec lui par le moyen de corps conducteurs. Or lorsqu'on opère dans un milieu privé d'eau, ne doit-on pas craindre que la tige de bois qui a perdu aussi son humidité ne puisse donner écoulement dans la terre à l'électricité du métal, qui ne touche pas directement le condensateur?

On est dans l'usage ordinairement de se servir, pour observer les effets électriques de contact, de lames métalliques, plus ou moins attaquables par l'eau et divers agents; ce qui laisse toujours dans le doute sur la cause qui produit le phénomène. Pour éviter cette difficulté, j'ai opéré sur des substances minérales conductrices de l'électricité qui exposées depuis des siècles aux intempéries des saisons, n'ont éprouvé aucune altération à leur surface. M. Marianini, dans un Mémoire récent, rempli de faits curieux et intéressants, a cherché à soutenir la théorie du contact, et s'est proposé de déterminer les actions électro-motrices de quelques-unes de ces substances; mais comme il s'est servi pour cela du multiplicateur, et d'un liquide acidulé dans lequel elles plongeaient, les résultats qu'il a obtenus peuvent être attribués à une autre cause, à la réaction chimique des liquides sur ces substances; ainsi la difficulté subsiste toujours.

Avant de rapporter les expériences que j'ai faites, il est indispensable de donner quelques développements sur les procédés dont j'ai fait usage.

Davy et d'autres physiciens ont prétendu que l'électroscope condensateur de Bonhenberger pouvait quelquefois induire en erreur, en raison d'indications dues à des causes inappréciables qu'on ne pouvait pas toujours éviter ; ces causes inappréciables sont de faibles actions chimiques. Je me suis servi long-temps de cet appareil, j'en ai étudié la marche, et je suis resté convaincu que si l'on emploie des précautions convenables pour éviter les causes d'erreur qui ont long-temps embarrassé, il peut indiquer, avec une très-grande exactitude, les plus faibles dégagements d'électricité. Les effets électriques qui se produisent pendant le contact des doigts plus ou moins humides sur les plateaux de métal en se joignant à l'effet que l'on cherche, sont les seuls inconvénients que l'on puisse reprocher à cet appareil. Pour les éviter, j'ai pensé qu'il n'y avait qu'un seul moyen, c'était d'employer des plateaux condensateurs de platine ou d'or, qui, n'étant pas attaqués par les liquides, devaient donner des indications certaines et dépendantes uniquement de la réaction des corps soumis à l'expérience. En conséquence, j'ai pris deux plateaux en cuivre dressés au tour avec le plus grand soin, et je les ai fait dorer de manière à les recouvrir le plus possible d'or. Cette opération a été faite à une température suffisante pour que les plateaux ne cessassent pas de coïncider. Les viroles, la pince et toutes les parties en métal de l'instrument ont été dorées de la même manière ; de sorte que, relativement au but que l'on se proposait, on pouvait les considérer comme d'or. D'après cette précaution, aucune cause étrangère ne pouvait réagir chimiquement sur le métal des plateaux. De plus, de petites coupes d'or très-pur, posées sur l'un de ces plateaux, contenaient les liquides sur lesquels on voulait faire réagir les métaux ou autres corps, qui tous étaient lavés

préalablement avec de l'eau distillée, ainsi que les doigts qui les touchaient. On peut encore, si l'on veut, se servir de plateaux de verre dorés sur toutes les faces. J'ai préparé, en outre, un plateau en zinc recouvert partout de plusieurs couches de vernis à la gomme laque, excepté dans deux endroits, où je fixai dans l'un une tige de platine, et où je plaçai sur l'autre un disque de verre, le tout tellement disposé que le zinc ne se trouvait nulle part en contact immédiat avec l'air. L'appareil a été ensuite placé dans une cage de verre desséchée aussi bien que possible avec de la chaux vive. Ces dispositions faites, je me suis convaincu nombre de fois que les résultats obtenus avec cet appareil, dans les mêmes circonstances, ont toujours été constants. Cela se conçoit, puisque les liquides adhérents au doigt ne réagissaient pas chimiquement sur l'or, comme dans le cas où l'on opérait avec des plateaux de cuivre.

Le plateau inférieur du condensateur étant d'or, le plateau supérieur de zinc préparé comme il vient d'être dit, on touche, d'une part, le premier avec le doigt; de l'autre, la tige de platine fixée au second : on trouve alors que l'appareil s'est chargé d'électricité négative; le platine, dans son contact avec le zinc, a donc pris l'électricité négative, indépendamment de l'action de l'air sur ce dernier; mais, si l'on touche la partie découverte du zinc, au lieu de la tige de platine, l'appareil se charge d'électricité positive, comme on devait s'y attendre en raison de la réaction du zinc sur le liquide adhérent au doigt. Je répète encore ici que la tige de platine, dans la première expérience, ainsi que le doigt, avait été lavée préalablement avec de l'eau distillée, afin d'éviter la réaction chimique qui aurait pu provenir du contact du doigt avec un liquide ou autre corps se trouvant sur le platine. Le résultat obtenu, quand

on a touché la tige de platine, doit-il être attribué uniquement au contact du platine et du zinc, ou à la réaction de l'eau et de l'air sur le zinc, réaction qui s'opérerait à travers la couche épaisse de vernis à la gomme laque qui a été fixée sur le zinc? J'avoue que je ne vois pas comment cette réaction pourrait s'opérer, surtout quand l'appareil se trouve dans un milieu qui renferme une très-petite quantité d'eau. Cette expérience me semble démontrer que réellement dans le contact du platine et du zinc, il peut y avoir dégagement d'électricité indépendamment de toute action chimique. Opérons maintenant avec les deux plateaux dorés; assurons-nous bien d'abord qu'en les touchant avec les doigts lavés dans de l'eau distillée, il n'y a aucun effet de produit.

Voici les corps qui ont été soumis successivement à l'expérience: le platine, l'or, les peroxides de manganèse cristallisés, botrioydes et amorphes, le fer oxidé magnétique, le fer oligiste en lames brillantes, l'yénite, le mercure argental, le persulfure de fer, le cuivre gris, le cuivre sulfuré, le protoxide de cuivre cristallisé, le carbure de fer, le cobalt gris, le deutoxide de fer, substances qui n'ont éprouvé aucune altération sensible dans la nature depuis des siècles. On trouve d'abord que le platine et l'or ne donnent lieu à aucun dégagement d'électricité par leur contact mutuel, quelle que soit la sensibilité de l'électroscope employé. Ainsi, si Volta en a trouvé en opérant avec des plateaux de cuivre, il doit être attribué à l'action chimique du cuivre sur le liquide dont le doigt était recouvert.

Le platine et l'or sont positifs par rapport au peroxide de manganèse et au carbure de fer; ces deux substances ayant été lavées préalablement avec de l'eau distillée. Le platine et

l'or sont sans action sur le protoxide de cuivre, le persulfure de fer, le deutoxide de fer préparé par l'eau, le fer oligiste. Le peroxide de manganèse et le carbure de fer sont négatifs, au contraire, par rapport à ces substances. Les effets obtenus avec le peroxide et le deutoxide de fer, ou le persulfure de fer, sont bien marqués; en général, le peroxide de manganèse est négatif par rapport à tous les corps soumis à l'expérience, comme on devait le présumer, en raison de son haut degré d'oxidation. Ce fait exclut toute idée d'action chimique; car, contre toute vraisemblance, si ce corps eût été attaqué par l'eau, le résultat aurait été inverse. Le cobalt gris et l'or donnent des effets assez bien marqués, le premier est négatif et le second positif. Avec le platine, les effets sont à peine sensibles.

Le deutoxide de fer, préparé avec la vapeur d'eau, est positif par rapport au cobalt gris. Je pourrais rapporter encore d'autres expériences qui portent à croire qu'il peut y avoir action électrique de contact entre deux substances sans que rien puisse faire supposer que des actions chimiques, provenant de causes extérieures, aient été mises en jeu. On peut objecter à cette assertion, que rien ne prouve qu'il n'y ait une action chimique inconnue de la part des liquides sur les corps que l'on a soumis à l'expérience; je répondrai à cela, qu'on avance un fait qui n'est pas prouvé, pour soutenir une opinion. Je suis une marche opposée; je pars de faits positifs pour hasarder quelques considérations en faveur d'une théorie, à laquelle je ne tiens réellement que par les observations rapportées plus haut. Si, plus tard, je parviens à trouver que dans les divers cas que j'ai étudiés il y a action chimique, j'abandonnerai de suite la théorie du contact. Il pourrait se faire qu'il y eût un commencement de réaction chimique

dans le contact des corps soumis à l'expérience. Dans ce cas, le dégagement de l'électricité s'expliquerait facilement.

Chapitre III.

Des Phénomènes thermo-électriques produits dans les circuits fermés, composés d'un seul métal ou de deux métaux différents.

Dans un précédent mémoire, j'ai donné des développements assez étendus sur les phénomènes thermo-électriques, et sur les causes probables de leur production. J'ai montré qu'en admettant que le pouvoir rayonnant de chaque métal concourût à l'effet général, il était possible de déterminer son pouvoir thermo-électrique. Sans abandonner ce principe, que je crois toujours exact, je vais indiquer maintenant les autres causes qui exercent une influence sur les phénomènes. C'est en accumulant les conjectures, coordonnant ensemble celles qui ont des rapports communs, que l'on parvient à remonter aux véritables causes.

Le multiplicateur est employé avec avantage pour observer les effets électriques de contact dans les métaux, quand on fait varier leur température. J'ai montré, il y a quelques années, que si l'on élève la température de l'un des bouts d'un fil de métal, et qu'on le porte sur l'autre qui est à la température ordinaire, il en résulte un courant électrique dont la direction et l'intensité dépendent de circonstances que je n'avais pu alors déterminer qu'imparfaitement, et qui sont relatives aux causes qui dérangent l'équilibre des deux électricités dans les corps.

Dans un circuit fermé, composé d'un seul métal dont toutes

les parties sont homogènes, si l'on élève la température d'un point quelconque, comme la chaleur se propage également à droite et à gauche de ce point, il ne doit en résulter aucun dérangement dans l'équilibre des forces électriques. Avec un fil de cuivre parfaitement décapé, si l'on élève la température de l'un de ses bouts, en portant le foyer de chaleur à une certaine distance de ce bout pour ne pas oxider sensiblement sa surface, et qu'on le pose sur l'autre qui est à la température ordinaire, le courant sera à peine sensible; mais si l'on fait oxider préalablement, c'est-à-dire avant le contact, les surfaces des deux bouts, ou seulement la surface d'un seul, de manière à interposer un corps étranger entre la partie chaude et la partie froide, le courant sera alors bien marqué, et ira de la partie chaude à la partie froide. L'application d'une couche excessivement mince de mercure, d'étain, d'or ou d'argent sur la surface des bouts du fil de cuivre, suffit pour produire le même effet que la couche d'oxide. Dans le premier cas, celui où les deux surfaces étaient très-nettes, le cuivre étant bon conducteur, la solution de continuité n'a opposé qu'un très-faible obstacle au passage de la chaleur de la partie froide dans la partie chaude, de sorte que l'on peut considérer sa propagation comme sensiblement la même à droite et à gauche de la solution de continuité; dès lors le courant doit avoir une très-faible intensité. Dans le deuxième cas, l'interposition d'un corps étranger modifie nécessairement la propagation de la chaleur, qui ne se fait plus symétriquement, puisque l'obstacle, placé entre la partie froide et la partie chaude, arrête une petite portion de la chaleur; c'est le cas où l'équilibre des forces électriques est dérangé. L'or et l'argent séparément donnent des résultats à peu près

semblables à ceux de cuivre, quand ces deux métaux sont purs et que les surfaces sont nettes; mais dès l'instant qu'ils renferment de l'alliage, le courant va alors du chaud au froid, comme dans le fil de cuivre recouvert d'oxide. Il est probable que lorsqu'on chauffe un de ces deux métaux, l'alliage, s'oxidant à la surface, produit l'obstacle qui dérange la propagation de la chaleur. On ne doit pas attribuer à l'action chimique, c'est-à-dire à l'oxidation qui a lieu pendant qu'on chauffe le métal, les effets dont on vient de parler; car ils se manifestent encore lorsque les surfaces sont recouvertes d'oxide, et que l'action de l'air sur le métal ne peut plus avoir lieu. Au surplus, ils sont encore les mêmes lorsqu'on opère dans de l'huile, privée d'air et d'eau, ou tout autre liquide incapable d'agir chimiquement sur les métaux. Le zinc, le fer et l'antimoine, comme l'a observé M. Nobili (*Bibliothèque universelle de Genève*, t. XXXVII, p. 118), produisent des effets inverses, c'est-à-dire que les courants vont du froid au chaud. Quelle est donc la cause de ce changement? Est-ce le résultat d'une action chimique, ou celui de modifications que la chaleur aurait fait éprouver aux propriétés électriques de ces métaux? L'expérience va nous aider à résoudre cette question, ou du moins à l'éclairer; car sa solution complète, qui jetterait un grand jour sur les phénomènes thermo-électriques, me paraît difficile. En opérant encore dans l'huile, c'est-à-dire maintenant l'un des bouts de la lame de fer ou de zinc dans ce liquide privé d'eau et d'air, et dont on élève la température, puis posant sur ce bout l'autre environné également d'huile, mais à la température ordinaire, pour empêcher l'action de l'air, le courant va encore du froid au chaud: l'action chimique ne peut donc être ici la cause du

phénomène. Je ferai remarquer, en outre, que la couche d'oxide qui recouvre ces métaux est probablement l'obstacle auquel est due la séparation des deux électricités. Nous allons examiner maintenant l'effet de la seconde cause signalée plus haut.

Le plomb et l'étain donnent des résultats variables qu'il est souvent difficile d'apprécier. Il paraît en général que dans un circuit d'un seul métal, lorsqu'il se trouve dans l'intérieur de la masse des corps étrangers qui tendent à modifier la propagation de la chaleur, les deux électricités se séparent à l'endroit où ces corps sont placés. C'est ainsi que le fer, qui renferme du carbone çà et là, produit souvent un courant quand on élève la température de certains points.

Les notions que j'ai données sur les pouvoirs thermo-électriques des métaux vont nous servir à interpréter la formation des courants dans les circuits composés d'un seul métal. Prenons d'abord les métaux connus sous le nom d'électro-négatifs, tels que le platine, l'or, l'argent et le cuivre. En partant du principe que la chaleur exalte le pouvoir électro-négatif de ces métaux, c'est-à-dire la faculté de conserver l'électricité négative, quand ils sont en contact avec d'autres corps moins négatifs; il s'ensuit que, lorsqu'on pose l'extrémité chaude sur l'extrémité froide, les deux surfaces étant séparées par une couche d'oxide ou autre obstacle conducteur, il se produira un courant qui ira de la première à la seconde. Avec les métaux électro-positifs, comme la chaleur diminue leur tendance positive avant de les rendre négatifs, les courants devront aller en sens inverse.

Dans les circuits formés de deux métaux, la question devient composée, et présente plus de difficultés. Je rapporterai d'abord une expérience propre à faire concevoir ce qui s'y

passe quand on fait varier la température. Dans le circuit disposé comme l'indique la figure 3, on a adopté un arrangement tel que le cuivre et le fer sont en contact immédiatement au point a, et partout ailleurs ils sont séparés aux soudures b et c, d et e, f et h, par des fils de platine, d'or et d'étain. On commence par porter la soudure a à 50°, tandis qu'on maintient à zéro toutes les autres; on observe l'intensité du courant; puis on porte à 50° successivement les soudures b et c, d et e, f et g, en maintenant toutes les autres à zéro. On trouve que les courants obtenus dans ces diverses expériences ont la même intensité que le premier; on en conclut rigoureusement que, lorsque le cuivre et le fer sont immédiatement en contact, ou séparés par un métal quelconque, bon ou mauvais conducteur, l'effet est toujours le même. Ainsi les courants, comme on pouvait le prévoir d'après les considérations précédentes et celles que j'ai exposées dans un mémoire sur les phénomènes thermo-électriques, résultent non des actions qui ont lieu au contact des deux métaux, mais bien de celles qui se manifestent à l'extrémité de chaque fil, et quel que soit le métal interposé entre eux, en raison de la température qu'elle possède. Les effets seront dirigés en sens inverse, ou iront dans le même sens, selon que chaque courant partiel cheminera du chaud au froid ou du froid au chaud. Pour mieux développer ma pensée, je vais montrer comment le phénomène doit se passer. Supposons un circuit fermé, composé de deux métaux fer et platine, soudés en c et c', on élève la température de la soudure c. D'après l'expérience rapportée plus haut, l'effet est le même dans le fer que si le circuit était composé d'un seul fil de fer, et que le point c fût immédiatement en con-

tact avec le point c' ; pareillement l'effet produit dans le platine est le même que si le circuit était tout en platine et que c fût en contact avec c'. On suppose ici que l'on ait disposé les deux circuits pour que la conductibilité électrique soit la même dans chacun d'eux. Si l'on ne considère que le platine, on a un courant qui va du chaud au froid, en suivant la direction $c\,a\,c'$; si l'on n'a égard qu'au fer, dont l'effet est inverse de celui du platine, son courant ira du froid au chaud, et sera dirigé par conséquent dans le même sens que le premier, ces deux courants s'ajouteront nécessairement; c'est probablement la cause pour laquelle le fer et l'antimoine sont si électro-positifs par la chaleur. Voilà ce qui se passe dans les circuits fermés dont les soudures n'ont pas la même température; mais se produit-il aussi des effets analogues quand on ouvre le circuit? Si l'on prend, par exemple, un fil composé de deux autres, or et platine; que l'on mette un des bouts en communication avec un excellent condensateur, en tenant l'autre entre les doigts, et qu'on élève la température des points de jonction, on ne devra avoir qu'un effet de tension excessivement faible, attendu qu'il ne sera que la différence de ceux produits dans chaque métal en raison de la différence de température. Ce court exposé nous indique que les phénomènes thermo-électriques sont essentiellement distincts de ceux que l'on attribue au contact, puisqu'ils se produisent encore quand les deux métaux ne sont pas en contact immédiat.

La direction et l'intensité du courant dépendent de la température des points de jonction, comme on devait s'y attendre, et non de celle des parties adjacentes. Ainsi, dans un circuit $a\,b\,c$ composé de deux lames $a\,b$ et $b\,c$ de fer et de

cuivre, si l'on porte le foyer de chaleur à droite ou à gauche du point *b*, pour que ce soit tantôt l'un des métaux, tantôt l'autre qui ait plus de chaleur, le courant suit toujours la direction *b a c*, et son intensité dépend seulement de la température des points de jonction *b*. Pour le prouver, on se sert comme de thermomètre d'un couple formé de deux fils très-fins de platine et d'or, dont les bouts libres sont fixés chacun à l'une des extrémités du fil d'un galvanomètre qui porte dans sa partie supérieure un cercle divisé. Une table construite préalablement indique pour chaque degré de température des points de jonction platine et or, la déviation de l'aiguille aimantée. Cet appareil accuse de très-faibles changements de température. Veut-on connaître la température d'une tranche quelconque du circuit *a b c*, on place sur cette tranche transversalement les points de jonction platine et or, qui ne tardent pas à se mettre en équilibre de température avec elle; l'aiguille aimantée indique aussitôt cette température. Les fils de platine et d'or ont des dimensions si petites par rapport à celles des lames de fer et de cuivre, que la température de ces dernières n'est pas sensiblement diminuée par leur contact avec eux. Aussitôt que cette température est déterminée, on cherche quelle est l'intensité du courant produit dans les lames; on trouve qu'elle correspond à celui que l'on obtient quand on porte la soudure et les points adjacents indiqués par le circuit or et platine. Je n'indiquerai pas ici la marche que suivent les effets thermo-électriques dans les circuits métalliques dont on fait varier la température de chaque soudure, parce que je les ai fait connaître suffisamment dans un autre mémoire. Ces effets croissent, généralement, proportionnellement à la température. Pour que l'on puisse saisir immédiatement les rapports qui exis-

tent entre les pouvoirs électriques des métaux, je rapporterai les résultats obtenus dans un circuit composé de lames de tous ces métaux. J'ai adopté cette disposition pour que, dans les diverses expériences, la conductibilité électrique fût constamment la même.

Désignations des soudures.	Température de la soudure soumise à l'expérience.	Déviations de l'aiguille aimantée.	Intensités du courant électrique.
+ − Fer platine...	.....20.....	....39.....	....36,07...
+ − Fer étain	.....20.....	....36,50...	....31,24...
+ − Fer cuivre....	.....20.....	....34,50..	....27,96...
+ − Zinc cuivre...	.....20.....	.... 2.....	.... 1.....
+ − Argent or....	.....20.....	.... 1.....	.... 0,50...
+ − Cuivre étain..	.....20.....	.... 7.....	.... 3,50...
+ − Fer argent...	.....20.....	....33.....	....26,20...
+ − Argent cuivre.	.....20.....	.... 4.....	.... 2.....

D'après les expériences précédentes, toutes les fois que dans un circuit métallique composé de deux métaux différents la température des deux soudures est la même, il y a absence de courant; mais la réciproque n'est pas toujours vraie, car il peut y avoir absence de courant sans qu'il y ait égalité de température entre les deux soudures. J'en avais déjà donné la preuve pour le circuit fer et cuivre; ces deux métaux ne sont pas les seuls qui jouissent de cette propriété,

comme on peut le voir par les résultats consignés dans le tableau suivant.

Désignation du circuit.	Température d'une des soudures, l'autre étant à zéro.	Déviation.	Intensités du courant.	Intensités calculées.
+ Fer cuivre −	50	10	72,50	
	100	20	120	
	150	25	145	
	200	27,50	158	
	250	28,50	163,50	
	300	29	166,20	
+ Argent zinc −	0	0		
	20	2		
	39	4		
	58	6		
	80	8		
	120	10		
	160	8		
	187	6		
	207	4		
	215	2		
	225	0		
+ Zinc argent −	225	0		
	236	2		
	247	4		
	253	6		
	262	8		
	270	10		
	281	12		
	300	14		
	290	12		
	282	10		
		8		
	265	6		
	258	4		
	250	2		
	240	0		

− Or, + zinc à 70° la déviation est d'environ 2°; mais en continuant à élever la température, la déviation diminue, et à 150° elle est nulle, alors elle recommence dans un autre sens :

+ Or − zinc	
0	150
2	180
4	195
6	210
8	220
10	240
12	255
14	275

Des résultats consignés dans le tableau précédent, on tire les conséquences suivantes :

1° Que dans un circuit fer et cuivre, l'une des températures étant à zéro, et l'autre croissant depuis zéro jusqu'à 300°, l'intensité du courant à partir de 150° a un accroissement assez faible qui n'est plus proportionnel à la température, car à 300° il est à peine sensible; si l'on continue à élever la température, le courant devient stationnaire, commence à décroître, et finit par changer de direction quand la température est rouge sombre (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XXXI).

2° Le zinc avec l'or et l'argent donnent lieu à des effets particuliers. L'argent est d'abord positif, le courant augmente d'intensité jusqu'à 120°, diminue et il devient nul, pour se reproduire en sens inverse; c'est-à-dire que le zinc devient positif, et conserve cet état jusqu'à sa fusion. Aussitôt que l'on cesse d'élever la température le courant diminue, et finit par reprendre sa première direction; l'or se comporte à peu près de même que l'argent. Quelle est donc la cause de ce singulier changement? on ne peut guère l'attribuer qu'à des modifications dans l'état d'agrégation des molécules. Cette remarque nous servira plus tard à interpréter des faits qui se rapportent aux précédents. Au surplus, je reviendrai dans un autre mémoire avec plus de détails sur ce phénomène, pour la production duquel les masses paraissent avoir de l'influence. Les développements que cette question exige pour être résolue, ne peuvent être exposés ici. Je me borne donc à indiquer le fait.

Dans le contact de deux corps conducteurs, les effets électriques augmentent d'intensité par l'influence des agents

extérieurs, quand il en résulte des actions chimiques, comme l'ont prouvé les recherches de M. de La Rive. Cette influence tend-elle aussi à modifier les courants thermo-électriques dans les circuits fermés? l'expérience montre le contraire. Il suffit d'élever la température, au même degré, de l'une des soudures d'un circuit cuivre et fer, par exemple, qui plonge d'abord dans un liquide capable d'attaquer le zinc tel qu'une dissolution légère de sel marin, puis dans de l'huile d'olive pure privée d'eau et d'air; dans les deux cas, les courants ont la même intensité. Cette expérience montre évidemment que lorsque l'on élève la température de l'une des soudures, l'effet électrique est dû uniquement à la différence des actions de la chaleur sur chaque soudure; c'est-à-dire à la différence des effets produits dans chacun des deux métaux en contact; car le courant est encore le même quand les deux métaux sont séparés par un métal quelconque et qu'ils sont soumis à l'influence d'agents extérieurs.

En se bornant à mettre seulement en contact les deux métaux au lieu de les souder, il arrive quelquefois que les surfaces de contact éprouvent des altérations, qui modifient les courants. Deux causes influent sur leur direction et leur intensité: la nature électro-chimique du métal, et sa conductibilité; la première en fournissant plus ou moins d'électricité en raison de sa nature, et la seconde en influant sur le courant par la perte d'électricité qui s'opère dans le changement de conducteur. Si nous pouvions évaluer avec exactitude les effets de chacune de ces deux causes, nous aurions des données de la plus haute importance pour la théorie électro-chimique; car nous pourrions déterminer les variations qu'éprouve le pouvoir électro-chimique d'un métal par l'action de la chaleur.

et par suite son pouvoir électro-chimique propre; c'est le but où doivent tendre les travaux des physiciens, qui veulent trouver les moyens de soumettre les affinités au calcul. L'ordre thermo-électrique des métaux ne peut servir à faire connaître les propriétés électro-chimiques, puisque les phénomènes sont dus à deux causes. Je crois néanmoins qu'il n'est pas inutile pour la science de présenter ici quelques rapports qui paraissent exister entre les facultés thermo-électriques des métaux et leur capacité pour la chaleur.

Ordre des métaux d'après leur chaleur spécifique.	Ordre des métaux rangés suivant leurs propriétés thermo-électriques.
Bismuth.	Bismuth.
Plomb.	Platine.
Or.	Plomb.
Platine.	Étain.
Étain.	Cuivre.
Argent.	Or.
Antimoine.	Argent.
Zinc.	Zinc.
Cuivre.	Fer.
Fer.	Antimoine.

En comparant le rang de chaque métal dans ces deux colonnes, on reconnaît qu'il n'y a pas identité; mais on ne peut s'empêcher de penser que la chaleur spécifique doit avoir une certaine influence sur les phénomènes thermo-électriques, car les métaux les plus électro-négatifs sont ceux qui ont le moins de chaleur spécifique; quand on pense aux causes qui peuvent influer sur les résultats, on est étonné de trouver déja des rapports aussi rapprochés. Je tâcherai plus tard de faire connaître ces causes.

Chapitre IV.

Des effets électriques produits par des différences de température et par des actions chimiques dans des fils formés de deux métaux différents, dont les bouts libres sont superposés au lieu d'être soudés.

Le platine est probablement plus électro-négatif par la chaleur que le cuivre; voyons ce qui arrive, dans un fil composé de ces deux métaux soudés par un de leurs bouts, quand les deux bouts libres n'ont pas la même température, à l'instant où on les superpose. A égalité de température mais à une température plus élevée que celle de la soudure, le platine, comme on sait, prend au cuivre l'électricité négative; si le cuivre se trouve à la température rouge, dans la flamme de réduction d'une lampe à alcool, le résultat est encore le même, à l'instant où l'on applique dessus le platine à la température ordinaire; il est inverse, quand le cuivre est à la même température dans la flamme d'oxidation. Dans le premier cas, l'effet est semblable à celui qu'on obtient quand les deux métaux sont soudés, puisque les deux surfaces sont parfaitement décapées. Dans le second, on a deux effets électriques, l'effet thermo-électrique du platine et du cuivre par l'intermédiaire de son oxide, et l'effet électro-chimique produit par l'oxidation du cuivre. Quand on substitue le fer au cuivre; les effets sont toujours dirigés dans le même sens, soit que la température du fer soit portée au rouge dans la flamme de réduction ou dans celle d'oxidation.

En soumettant à l'expérience un circuit composé de deux fils fer et cuivre, on a déja vu quelle était la marche des

effets thermo-électriques, quand on fait varier la température de l'une des soudures.

On a vu que si l'on porte la température de l'une des soudures un peu au-dessous du rouge naissant, le fer devient négatif et conserve cet état lorsque l'on continue à élever la température, soit que les points de jonction se trouvent dans la flamme d'oxidation ou dans celle de réduction. Les altérations qu'éprouvent le fer et le cuivre ne paraissent pas être ici la cause du changement dans le sens des effets électriques. Cette cause réside probablement dans la différence des pouvoirs électriques qu'acquièrent les deux métaux par l'action de la chaleur, pouvoirs qu'on ne peut pas encore déterminer rigoureusement, mais qui croissent inégalement dans chaque métal. L'expérience suivante tend à confirmer cette conjecture; le cuivre se trouvant dans la flamme de réduction, qui rend par conséquent sa surface brillante, si l'on applique dessus une plaque de fer faisant partie du circuit et suffisamment grosse pour qu'elle ne s'échauffe pas immédiatement et ne s'oxide par conséquent pas, le résultat est encore le même que dans le cas où la température du fer était portée au rouge dans la flamme de réduction ou dans celle d'oxidation. Le cuivre étant à la température rouge, dans la flamme de réduction, son état électro-négatif devrait être plus exalté que celui du fer qui est à la température ordinaire. Cette difficulté est facile à lever: quand on met en contact les deux extrémités libres d'un fil composé de deux autres de métal différent, l'effet est toujours égal à la température des points de jonction, comme je l'ai démontré, et ne dépend nullement de celle des parties adjacentes. D'après cela, quand le fil de cuivre incandescent est en contact avec la lame de fer, l'effet électrique

doit être le même que si la surface de contact avait une température moyenne entre celle des deux métaux; or comme cette moyenne est toujours élevée, et que le fer devient négatif même au-dessous de la température rouge, on conçoit bien pourquoi il doit en être encore de même dans l'expérience que je viens de rapporter.

L'or et l'argent relativement au fer se comportent comme le cuivre.

Nous examinerons dans un autre chapitre jusqu'à quel point ces résultats ont des rapports plus ou moins directs avec les affinités réciproques des corps en contact. En attendant nous allons voir comment les altérations des surfaces des corps que l'on met en contact peuvent modifier les effets thermo-électriques.

Lorsqu'il s'agit de constater directement l'électricité qui se dégage dans la combinaison du soufre avec le cuivre, on n'obtient pas de courant, parce que le soufre est mauvais conducteur. On peut cependant, à l'aide d'un artifice particulier, rendre sensible cette électricité. Au lieu de soufre, il faut employer des pyrites blanches, qui laissent dégager facilement du soufre, à l'aide de la chaleur. On fixe un fragment assez long de la pyrite, à l'un des bouts du fil de cuivre d'un galvanomètre, puis l'on pose dessus l'autre bout dont on a porté préalablement la température au rouge. Il y a aussitôt formation de sulfure de cuivre, et production d'un courant énergique, qui indique que la pyrite a pris l'électricité positive et le métal l'électricité contraire. Si l'on eût élevé la température de la pyrite, l'effet aurait été le même. Ce résultat était prévu, car la pyrite ou le soufre étant l'élément électronégatif, doit prendre pendant sa combinaison avec le métal

l'électricité positive. Le fer, l'argent qui se combinent facilement avec le soufre se comportent de même que le cuivre; le platine, comme on devait s'y attendre, donne un courant à peine sensible, dû sans doute à des effets thermo-électriques. La galène ou sulfure de plomb, substituée à la pyrite, donne les mêmes résultats. Le courant, surtout avec l'argent, est très-énergique; peut-être en raison de la double action du plomb et du soufre pour ce métal. Ces faits montrent l'avantage qu'on peut tirer du galvanomètre, pour observer les phenomènes électriques qui se manifestent dans certaines actions chimiques, ainsi que les variations qu'ils éprouvent; avantage que l'on n'a pas dans l'action des acides sur les alcalis et les métaux, où les effets sont pour ainsi dire fugitifs, puisque la combinaison aussitôt qu'elle a été effectuée rentre dans le liquide et cesse de faire partie du circuit.

En soumettant à l'action de la chaleur la pyrite et la galène, on a un courant qui va de la première à la seconde, c'est-à-dire que la galène paraît jouer le rôle d'acide par rapport à la pyrite; résultat qui semblerait annoncer que le plomb dans sa combinaison avec le fer, jouerait le rôle d'acide. C'est une de ces indications que l'électro-chimie seule peut donner, attendu que la combinaison entre le plomb et le fer est très-difficile.On pourrait soumettre à l'expérience un nombre plus considérable de substances minérales conductrices de l'électricité, mais pour le moment je m'en abstiens, dans la crainte de donner trop d'étendue à ce Mémoire. Je ferai remarquer seulement que le deutoxide de fer préparé avec la vapeur d'eau se comporte comme le fer par rapport à la pyrite et à la galène, et qu'il faut toujours opérer avec des corps en masse, parce que ceux qui sont réduits en parties très-ténues, en raison du défaut

de continuité ne livrent qu'un passage difficile au fluide électrique. Il existe encore un procédé simple, à l'aide duquel il est possible d'observer l'électricité qui se dégage dans la combinaison d'un métal avec un corps simple, tel que le soufre; à l'un des bouts du fil d'un multiplicateur, on fixe une cuiller de platine, dans laquelle on met quelques fragments de soufre; on la place au-dessus d'une lampe à alcool, pour fondre le soufre, puis l'on plonge dedans une lame de cuivre fixée à l'autre bout du fil, de manière à ce que le cuivre et le platine se touchent par très-peu de points; il y a aussitôt formation de sulfure de cuivre, et production d'un courant électrique énergique, qui va du cuivre au platine. Aussitôt que le soufre a disparu, bien que le cuivre soit recouvert d'une couche de sulfure, le courant change de direction, et prend celle qui est relative au contact du cuivre et du platine, quand ces deux métaux sont soudés. Il faut donc que dans le premier cas le courant soit dû à l'acte de la combinaison du soufre avec le cuivre; c'est une conséquence rigoureuse des faits. Le platine effectivement doit prendre au soufre, pendant son ignition, l'électricité positive, dont celui-ci s'est emparé dans sa combinaison avec le cuivre, qui est l'élément électro-positif. Dans ce cas, il y a deux courants dirigés en sens contraire, l'un qui est dû à l'effet thermo-électrique du cuivre sur le platine, l'autre à la combinaison du soufre avec le cuivre. Cette dernière étant très-énergique et le soufre mauvais conducteur, les deux électricités se recombinant difficilement à la surface de contact, il en doit résulter un courant d'une certaine intensité; il n'est pas étonnant, d'après cela, que l'action de ce dernier courant l'emporte sur celle de l'autre.

L'aperçu que je viens de présenter donne une idée des avantages que l'on peut retirer des phénomènes thermo-électriques, pour étudier ce qui se passe pendant les actions chimiques et remonter jusqu'aux phénomènes qui ont lieu dans les molécules, quand on fait varier leur température. Je vais donner dans le chapitre suivant quelques notions qui pourront être utiles à la physique atomistique. Les yeux constamment fixés sur des faits, je n'adopte des idées théoriques, qu'autant qu'elles peuvent se concilier avec eux; je suis disposé à les modifier aussitôt que l'expérience me prouve qu'elles ne sont pas exactes. Cette marche est la seule qui puisse conduire à la découverte de la vérité; ainsi on ne doit pas accorder plus d'importance que moi, aux considérations théoriques qui sont exposées dans ce Mémoire.

Chapitre V.

Vues théoriques sur les propriétés électriques des atomes.

La physique atomistique comprend non-seulement les propriétés des plus petites particules des corps, mais encore l'exposé des phénomènes qui président à leur combinaison et à leur décomposition. Cette science, qui est encore dans son enfance, doit sa découverte et ses premiers progrès aux travaux de MM. Dalton, Gay-Lussac, Berzelius, Dulong et Petit, qui ont dirigé leurs recherches, les premiers sur les combinaisons en proportions définies, et les deux derniers sur la chaleur spécifique des atomes. Ces découvertes quoique fondamentales, ne sont encore que les premiers anneaux de la

chaîne qui lie tous les phénomènes atomistiques; car nous ignorons tout ce qui est relatif à l'affinité et à l'attraction moléculaire, c'est-à-dire toutes les propriétés des forces qui les produisent. Les effets électriques nous fournissent de nouveaux moyens d'investigation, à l'aide desquels nous pourrons peut-être un jour pénétrer dans les parties les plus intimes des corps, et reconnaître les mouvements auxquels elles sont soumises dans certaines circonstances.

Une des recherches qui intéressent le plus cette branche de la physique, est celle relative à l'état des atomes avant et après leur combinaison, et aux modifications qu'ils éprouvent de la part de la chaleur. L'action des particules les unes sur les autres, et la permanence de leur union pendant la durée de la combinaison, sont-elles dues uniquement à des actions électriques, ou à des forces dont la nature nous est encore inconnue, c'est une question vitale pour la physique atomistique. Toutes les probabilités sont en faveur des forces électriques. Dans l'état actuel de la science, les faits ne sont pas encore assez nombreux pour que l'on puisse adopter définitivement une théorie à cet égard. Suivant M. Ampère, les atomes possèdent chacun une certaine quantité d'électricité positive ou négative selon leur nature alcaline ou acide, qu'ils ne peuvent perdre sans cesser d'exister. Quand les atomes sont isolés, leur électricité propre décompose celle de l'espace, attire celle de nom contraire, et repousse l'autre, de sorte que les deux électricités sont dissimulées comme celles que l'on accumule sur les deux surfaces d'une bouteille de Leyde. L'action chimique a-t-elle lieu, les atmosphères se recombinent, et les atomes ne pouvant perdre leur électricité propre, restent unis en raison de

l'attraction de ces mêmes électricités Peut-être y a-t-il quelque chose de vrai dans cette théorie, qui n'explique cependant qu'un certain nombre de faits; mais en ne la considérant que comme un canevas, et la modifiant convenablement, il pourrait se faire qu'on parvînt à établir la véritable. Le premier pas à faire est de chercher jusqu'à quel point on peut considérer la nature des atomes comme électrique, en se fondant sur toutes les expériences électro-chimiques connues.

Il est bien prouvé maintenant que, lorsqu'un acide se combine avec un alcali ou un métal, le premier prend au second l'électricité positive, résultat inverse de celui qui a lieu au simple contact. Ce fait tend à prouver, comme l'a dit M. Ampère, que l'acide, en se débarrassant de son atmosphère positive, devient négatif, et l'alcali, positif, en se débarrassant de son atmosphère négative.

En admettant qu'il y ait des effets électriques au contact des corps, ces effets ayant encore lieu quand les deux corps sont soudés, c'est-à-dire lorsque les molécules des surfaces de contact sont combinées ensemble, ne peut-on pas les considérer comme propres aux atomes composés? Car si l'on représente les deux métaux par la suite des particules $a\,a'\,a''$, etc..... $b\,b'\,b''$, etc...., chacune de celles d'une même suite possède la même espèce d'électricité, que reçoivent a et b dans leur contact mutuel; de sorte que l'on n'a, à proprement parler, que l'effet produit par le contact des deux atomes.

En supposant que l'on diminue l'épaisseur de chaque lame métallique jusqu'à ce qu'on arrive de part et d'autre à une tranche formée d'une seule rangée d'atomes, l'effet électrique sera encore le même, et deviendra propre par consé-

quent à l'atome composé. En partant de ce principe, deux atomes composés, dans un corps, se trouvant liés ensemble par la force d'agrégation, dont on ignore la nature, quelle influence exerce cette électricité de contact sur la force d'agrégation? Voyons si, à l'aide des observations précédentes, il serait possible d'entrevoir les rapports qui peuvent exister entre l'électricité et la force d'agrégation.

A l'instant où la température est la même dans deux atomes composés, chacun d'eux conserve sans doute la polarité électrique qu'il doit au contact des atomes simples et à leur température; de plus, ces atomes composés ne peuvent être en contact immédiat comme ceux qui sont combinés; la chaleur interposée entre eux fait fonction de ressort, et selon qu'on l'enlève ou qu'on l'accumule les atomes se rapprochent ou s'éloignent absolument de la même manière que si leur polarité électrique augmentait ou diminuait dans les mêmes circonstances. L'action du calorique lutterait donc continuellement contre l'attraction des électricités contraires de chaque atome. Nous ne pouvons rien dire de plus à cet égard, car les faits manquent pour établir les rapports intimes entre le fluide électrique et la chaleur. Maintenant, si l'on se rappelle qu'à l'instant où l'on détruit l'attraction moléculaire entre deux parties semblables, chacune d'elles emporte un excès d'électricité contraire; que cet excès augmente quand on élève préalablement la température du corps; qu'il est d'autant plus facile d'enlever l'électricité positive à un morceau de métal, dont on a élevé la température, avec un tube de verre ayant la même température, que celle-ci est plus considérable. Ne semble-t-il pas d'après cela, que la présence

du fluide électrique, qui est interposé entre les atomes, indique des rapports directs avec les phénomènes de l'attraction moléculaire et ceux de la chaleur ? car cette électricité qu'on rend libre avait une certaine destination avant qu'on ne modifiât la force d'agrégation ; à mesure que celle-ci diminue, il paraît qu'il y a émission des deux électricités qui se recombinent immédiatement. Aussitôt que cette force est détruite, les deux électricités ne peuvent se recombiner, puisque les parties sont séparées, elles redeviennent alors libres. Suivant cette manière de voir, que je ne présente néanmoins qu'avec réserve, les atomes composés ne seraient que de petites piles électriques dont les actions réciproques et continues, luttant continuellement avec la chaleur, constitueraient l'attraction moléculaire. Ainsi un sel étant dissous dans un liquide, toutes ses molécules seraient autant de petites piles flottantes; en soumettant ce liquide à l'action d'une pile, on voit pourquoi la décomposition du sel s'opérerait de la manière connue.

Je m'arrête, dans la crainte de pousser trop loin des conséquences, qui ne seraient pas appuyées d'expériences assez concluantes pour en faire des vérités positives. Les physiciens doivent seulement voir dans ce travail, un désir ardent de découvrir quelques-uns des mystérieux phénomènes qui président à la combinaison des corps, et ne pas attacher plus d'importance que moi à des assertions, dont quelques-unes sont peut-être hasardées. J'ajouterai seulement que les idées que j'ai émises, sont celles qui me servent de guides depuis long-temps dans mes recherches.

Dans la seconde partie du travail, je traiterai du développement de l'électricité par le frottement et la pression, et de

la phosphorescence; dans la troisième, de la cémentation, considérée comme phénomène électrique, et des applications qu'on peut en faire aux changements qui s'opèrent dans quelques-unes des substances composant l'écorce du globe.

CONSIDÉRATIONS

SUR

L'OPÉRATION DU TRÉPAN,

ET

SUR LES LÉSIONS DU CERVEAU;

PAR M. FLOURENS.

Lues à l'Académie royale des Sciences, le 24 janvier 1831.

DEUXIÈME MÉMOIRE.

DES EXUBÉRANCES OU HERNIES CÉRÉBRALES.

§ I.

1. J'AI fait voir, dans un précédent Mémoire, que les épanchements cérébraux déterminent la compression du cerveau, non par leur *poids seul*, comme on l'a cru jusqu'ici, mais par la *pression* qu'ils éprouvent de la part du crâne ou de la dure-mère qui les contiennent, et qu'ils transmettent au cerveau sur lequel ils portent. J'ai fait voir ensuite que cette pression qu'ils éprouvent de la part du crâne ou de la dure-mère, et qu'ils transmettent au cerveau, ne produit d'effet sensible que parvenue à un certain point, auquel elle ne parvient

qu'autant que les épanchements sont parvenus eux-mêmes à une *certaine limite;* et j'ai fait voir enfin que, quant à cette limite, où, comprimés par le crâne ou la dure-mère, les épanchements compriment, à leur tour, le cerveau jusqu'à déterminer des *effets sensibles,* ils y parviennent *plus ou moins rapidement,* selon le degré de la *force impulsive* des organes circulatoires (artériels ou veineux) à laquelle ils sont soumis.

2. Le phénomène de la compression du cerveau par les épanchements offre donc trois agents distincts: l'*épanchement* lui-même, placé entre le cerveau et ses enveloppes; ces enveloppes qui *résistent* et *refoulent* l'épanchement sur le cerveau; et le cerveau qui *résiste* aussi, mais qui, résistant moins que ses enveloppes, *cède* ou est *déprimé* (1).

3. Ainsi, tout épanchement, quel qu'il soit, ne comprime le cerveau (du moins au point d'*altérer ses fonctions*, c'est-à-dire de provoquer les *effets* ou *symptômes* de sa compression) qu'autant qu'il est *comprimé* par le crâne ou la dure-mère; et il n'est comprimé par le crâne ou la dure-mère (du moins au point de comprimer, à son tour, le cerveau jusqu'à *troubler ses fonctions*), qu'autant qu'il atteint une *certaine limite;* et il atteint, *plus ou moins rapidement,* cette limite, selon la *force impulsive* des organes circulatoires à laquelle il est soumis.

4. Dans tout épanchement cérébral donc, il faut tenir compte et de sa *quantité* ou de sa *limite;* et de la *pression* que, parvenu à cette limite, il éprouve de la part du crâne

(1) On conçoit que, quand l'épanchement s'opère entre le crâne et la dure-mère, c'est alors le cerveau et la dure qui *cèdent*; car ces *parties* résistent moins que le crâne.

ou de la dure-mère ; et de la *rapidité* avec laquelle il atteint cette limite. D'où il suit que, l'un quelconque de ces trois éléments étant *supprimé* ou *modifié*, ou la compression du cerveau *n'aurait plus lieu*, ou elle n'aurait lieu qu'avec de *certaines modifications données*. Supposez la *pression* des enveloppes enlevée (et c'est ce que fait l'opération du trépan), la compression cesse ; supposez la *quantité* de l'épanchement trop faible, la compression n'est pas produite ; supposez la *rapidité* de l'épanchement ralentie (ou la *force impulsive* qui le produit diminuée), et l'effet de la compression est ralenti de même (1).

5. Mais il n'est pas seulement *ralenti;* il exige, pour être produit, une *quantité d'épanchement plus grande;* car on sait que toute action *brusque et subite* a, sur nos organes, un effet beaucoup plus marqué qu'une action *d'ailleurs pareille*, mais *graduelle et lente*. Or, on a vu (2) que les fonctions du cerveau ne sont troublées qu'autant qu'il est *dé-*

---

(1) Ce dernier point explique pourquoi, dans les *épanchements artériels* ou provenant de l'ouverture des artères, les effets sont si rapides et si prononcés, tandis que, dans les *épanchements veineux* ou provenant de l'ouverture des sinus, les effets sont, au contraire, si faibles, si lents, et même nuls, dans la plupart des cas : il est évident que, de l'inégalité dans la force impulsive à laquelle sont soumises ces deux sortes d'épanchements, résulte toute la diversité, diversité d'ailleurs si remarquable, de leurs effets ; car la *limite* à laquelle il faut que tout épanchement parvienne pour *agir*, est *presque instantanément* atteinte dans l'*épanchement artériel*, tandis qu'elle ne l'est que beaucoup *plus tard*, et avec beaucoup de peine, dans l'*épanchement veineux*.

(2) Voyez mon précédent Mémoire sur l'*Action mécanique des épanchements cérébraux*.

primé ou *affaissé*, c'est-à-dire *lésé*, jusqu'à un certain point : une *dépression moindre*, mais *subite*, le *lésera* donc *autant*, ou produira sur lui le *même effet*, qu'une *dépression plus grande*, mais *plus lente ;* ou, en d'autres termes, et quant à l'épanchement, sa *rapidité* et sa *quantité* sont deux éléments qui se compensent l'un par l'autre, une plus *grande rapidité* par une *moindre quantité*, et, réciproquement, une *moindre quantité* par une plus *grande rapidité ;* et de là vient, comme on a vu encore (1), que les *épanchements séreux chroniques* (2) peuvent être portés si loin sans provoquer les effets de la compression.

6. Le mécanisme de l'action des épanchements cérébraux une fois déterminé, il s'agit de déterminer le mécanisme selon lequel se forment les *exubérances* ou *hernies cérébrales.*

7. Tout le monde sait que le tissu cérébral a la faculté singulière de *s'épanouir* ou de *se gonfler*, surtout lorsqu'il est *lésé*, et par suite de *proéminer* ou *faire saillie* à travers ses enveloppes, dès que ces enveloppes éprouvent une certaine solution de continuité. C'est cette *proéminence* ou *saillie* du tissu cérébral à travers ses enveloppes, rompues ou enlevées (3) dans un point donné de leur étendue, qu'on nomme *exubérance* ou *hernie cérébrale* (4).

---

(1) *Ibid.*

(2) Ou même ceux qu'on nomme *séreux aigus ;* car, pour si *aigus* qu'on les suppose, ils sont toujours *très-lents* par rapport aux épanchements artériels, lesquels s'opèrent *presque instantanément*, comme je viens de le dire.

(3) Ou simplement, *cédant*, comme dans l'*encéphalocèle congénial*, par exemple.

(4) Il n'y a pas proprement *hernie* ou *déplacement*, mais simple *débordement* des enveloppes par la partie *exubérante.*

8. Les anatomistes et les chirurgiens ne se sont pas toujours fait des idées justes sur la nature de ces *exubérances*. Quelques-uns de ceux-ci surtout, les prenant pour des *fungus* de la dure-mère, pour des *végétations* de cette membrane (1), pour des *sucs endurcis*, etc., n'ont pas craint de faire une règle pratique de leur extirpation, c'est-à-dire de l'extirpation de la substance même du cerveau. C'est en parlant de ces chirurgiens que Louis a dit : « On concevra sans « peine pourquoi la plupart de leurs malades sont restés « hébétés (2). »

9. Cependant le même Louis, à l'occasion d'une *excroissance cérébrale* que Volcher Coïter dépeint avec tous ses caractères : « dure, insensible, repullulant sans cesse malgré « les caustiques, et cessant spontanément de faire des pro« grès (3), » dit : « Est-ce le cerveau ou la dure-mère qui ont « produit cette excroissance ? » et il ajoute : « on aurait pro« bablement abrégé la cure par l'extirpation (4). »

10. Louis n'était donc ni bien sûr du diagnostic, puisqu'il se demande si une excroissance, si exactement caractérisée, provenait du cerveau ou de la dure-mère, ni bien revenu encore des extirpations, puisqu'il suppose que, l'excroissance dépendît-elle du cerveau, l'extirpation aurait pu

---

(1) Les *tumeurs fongueuses* de la dure-mère sont une affection essentiellement distincte des simples *exubérances*. Voir Petit, Louis, etc.

(2) Voir Louis, Mém. sur les *Tumeurs fongueuses de la dure-mère :* Mém. de l'Acad. roy. de chir.

(3) *Stupidi sensus, dura.... semper ex profundo repullulabat.... sponte succrescere desiit*, dit Volcher Coïter.

(4) Voir Louis, *loc. cit.*

abréger la cure. Or, on verra bientôt, par les expériences qui suivent, que l'extirpation ne peut, en aucune façon, remédier à des *excroissances* qui, par leur nature, *repullulent sans cesse* à mesure qu'on les extirpe; et qui même, comme on le verra encore, repullulent d'autant plus rapidement qu'on *altère* ou *lèse* le tissu cérébral, soit par l'extirpation, soit par les caustiques, etc.

11. Fallope est l'un des premiers qui aient bien reconnu dans ces *excroissances* la substance du cerveau; aussi se gardait-il de les extirper; mais il cherchait à les réprimer par des caustiques (1). Volcher Coïter se bornait quelquefois aussi à l'emploi des caustiques, comme dans le cas où Louis suppose qu'il aurait mieux fait d'extirper; dans d'autres cas, au contraire, il extirpait hardiment, quoiqu'il n'ignorât pourtant pas toujours que c'était la substance du cerveau qu'il extirpait ainsi (2).

On est peu étonné sans doute de voir des erreurs pratiques aussi funestes régner à l'époque ou de Fallope ou de Volcher Coïter; mais ces erreurs ont subsisté long-temps après eux; et ce n'est guère que de l'époque où ont paru les savants Mémoires de l'Académie royale de chirurgie, que date leur destruction entière.

§ II.

1. J'ai déja fait connaître, par mes premières expériences,

---

(1) Fallope dit: *Sunt qui secant totam illam partem egressam è cavitate ossis; ego non seco, sed relinquo inibi*, etc.

(2) *Id cerebri quod abstuleram, omnibus demonstravi*, dit-il, dans une occasion.

la plupart des circonstances qui constituent le phénomène du *gonflement*, soit partiel, soit en masse, de l'encéphale (1). D'un autre côté, j'ai fait voir, par de nouvelles expériences, quel est le rôle que ce *gonflement* joue dans l'action mécanique des épanchements cérébraux (2).

2. Il s'agit maintenant de voir quel est le mécanisme selon lequel ce *gonflement* s'opère.

3. Sur plusieurs animaux, oiseaux et mammifères, j'ai fait une ouverture à l'un des deux os frontaux et à la dure-mère sous-jacente; et bientôt j'ai vu la portion correspondante du cerveau, qui pourtant n'avait point été touchée, s'engager peu à peu dans cette ouverture, la dépasser, et former ainsi, au-dessus du niveau du crâne, une certaine *exubérance* ou *proéminence*.

4. Sur plusieurs autres animaux, après avoir fait une ouverture qui comprenait de même l'un ou l'autre os frontal et la dure-mère sous-jacente, j'ai tantôt coupé et tantôt brûlé (soit avec un fer rouge, soit avec les acides sulfurique, nitrique, etc.) la portion de cerveau engagée dans l'ouverture des enveloppes; et, dans tous ces cas, l'*exubérance* a été beaucoup plus grande que dans le cas précédent où la substance du cerveau n'était pas lésée.

5. Sur plusieurs animaux enfin, j'ai fait une ouverture au crâne, sans toucher à la dure-mère; et, dans ce nouveau cas,

---

(1) Voyez mes *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*. Paris, 1824.

(2) Voyez mon précédent Mémoire sur l'*Action mécanique des épanchements cérébraux*.

le cerveau étant contenu par la dure-mère, il ne s'est pas formé, du moins immédiatement, d'*exubérance*.

Je dis *immédiatement;* et, en effet, au bout de quelque temps, j'ai vu la dure-mère céder à l'impulsion du cerveau, et, refoulée par lui, former, au-dessus du niveau de l'ouverture du crâne, une véritable *proéminence* (1). Mais cette *proéminence* a toujours été beaucoup moins élevée que dans le cas où la dure-mère manquait, et surtout, comme je viens de le dire, que dans le cas où la lésion du cerveau compliquait l'ablation de la dure-mère.

6. Louis se trompe donc quand il dit : « Il n'y a point de « protubérance du cerveau, tant que la dure-mère contient « ce viscère (2) ; » et il se trompe encore quand il ajoute : « Dans le cas même où il y a incision de la dure-mère, l'ex- « pansion du cerveau n'a lieu que par une altération particu- « lière de sa propre substance à la suite de sa lésion (3). » Ainsi donc, 1° le cerveau se *gonfle naturellement*, ou sans le besoin de la *lésion* de sa substance; 2° il se *gonfle*, malgré la *résistance* que lui oppose la dure-mère; et 3° c'est surtout lorsque sa substance est lésée, et la dure-mère enlevée, que son *gonflement* prend toute son étendue.

7. D'où il suit, d'une part, que, dans l'état naturel, le cer-

---

(1) L'*encéphalocèle congénial* est, comme je l'ai déja dit, un exemple naturel de ce *refoulement* de la dure-mère par le cerveau. Quesnay lui-même qui nie la possibilité des *exubérances* tant que subsiste la dure-mère, en cite plusieurs exemples, mais il les attribue au gonflement de la dure-mère, etc. Voir *Mém. de l'Acad. roy. de chir.*

(2) Voir Louis, *Mém. de l'Acad. de chir. loc. cit.*

(3) Voir Louis, *loc. cit.*

veau *fait sans cesse effort* contre ses enveloppes qui, à leur tour, le *repoussent* ou le *répriment sans cesse*; et, de l'autre, que, dès que cette *répression du cerveau par ses enveloppes* lui *manque* ou lui *cède*, dans un point donné de son étendue, il se forme aussitôt, et par cela seul, en ce point, une *exubérance*.

8. Mais l'*exubérance* n'est pas toujours simple : dans quelques cas, la partie *exubérante* se trouve comprimée et comme étranglée par les bords de l'ouverture des enveloppes; dans ces cas, l'*étranglement* qui *comprime* ou *lèse*, accroît l'*exubérance*, laquelle, à son tour, ne peut s'accroître, sans accroître l'*étranglement ;* et c'est aussi dans ces cas que se manifestent les symptômes les plus graves des *exubérances*, la stupeur, le trouble des mouvements, les convulsions, etc., selon les parties de l'encéphale occupées par elles, les lobes cérébraux, le cervelet, la moelle allongée, etc. (1).

9. Or, cet étranglement des *exubérances* par le bord de l'ouverture des enveloppes a surtout lieu quand ces ouvertures, ou solutions de continuité, sont petites; il a moins lieu quand elles sont grandes; et l'on conçoit qu'il ne saurait plus avoir lieu du tout quand les ouvertures sont *complètes*, c'est-à-dire quand il y a *ablation totale* des enveloppes.

On conçoit, de plus, que, dans ce cas de l'ablation totale des enveloppes, les *exubérances* elles-mêmes ne sont plus

(1) On sent que ces symptômes ne surviennent qu'autant que les *exubérances* ou les *étranglements* altèrent, *jusqu'à un certain point*, les parties qui en sont le siége. Voyez, relativement à la *limite* à laquelle il faut que la *lésion des parties cérébrales* soit portée pour que le *trouble de leurs fonctions* survienne, mes *Rech. exp. sur les pr.* et les *fonct. du syst. nerv*, etc.

possibles : car, toute exubérance n'étant, comme on vient de voir, que l'*expansion* ou *turgescence* d'un point donné du cerveau, résultant du manque de répression, sur ce point, par les enveloppes, il s'ensuit que, quand les enveloppes manquent à tout le cerveau tout à la fois, ce n'est plus une *exubérance* ou *expansion partielle* qui a lieu, mais une *expansion générale* et qui comprend le cerveau en masse.

10. Ainsi, dans l'état naturel et normal, il ne peut se former d'*exubérance*, parce que le cerveau est *également contenu partout ;* et, dans le cas de l'ablation totale des enveloppes, il ne peut s'en former aussi, par la raison inverse, parce que le cerveau *cesse également d'être contenu partout.* Or, comme, dans ce cas-ci, l'*expansion générale* qui survient n'est que le développement *naturel et uniforme* de toutes les parties de l'encéphale, il s'ensuit que les fonctions de ces parties ne sont pas troublées; et il s'ensuit encore que le trouble de ces fonctions ne commence que lorsqu'il se forme des *exubérances*, c'est-à-dire des *développements partiels*, et que ces *exubérances* se compliquent d'*étranglements* (1).

11. A ne considérer donc que le côté physiologique du phénomène, l'ablation totale des enveloppes, ou du moins de leur région supérieure (car l'ablation de cette région supérieure des enveloppes suffit pour le développement en masse de l'encéphale), constitue le moyen direct et de prévenir et de réprimer absolument les *exubérances ;* et, à considérer le côté pratique, on voit qu'on approchera d'autant plus de cette *répression absolue des exubérances*, que *l'ou-*

(1) Et, comme je l'ai déja dit, que ces *exubérances* ou *étranglements altèrent plus ou moins profondément les parties.*

verture des enveloppes sera plus grande, ou plus voisine de leur *ablation totale* (1).

12. Quesnay avait déjà vu le bon effet des grandes ouvertures du trépan, soit pour prévenir, soit pour réprimer les *exubérances*, bien que, suivant l'erreur ancienne, il attribuât encore, du moins en partie, leur formation au *gonflement de la dure-mère* (2), et qu'il n'ait nullement cherché d'ailleurs à démêler le principe de ce bon effet.

§ III.

1. Par tout ce qui précède, on voit : 1° que les *exubérances cérébrales* ne sont que l'*expansion* d'un point donné du cerveau ; 2° que leur formation, sur ce point, provient de ce que, en ce point même, le cerveau n'est plus contenu par ses enveloppes ; 3° que toute *altération* ou *lésion* quelconque de la substance du cerveau accroît les *exubérances ;* et 4° que l'ablation totale des enveloppes prévient absolument les *exubérances*, parce que, à l'*exubérance* ou *expansion partielle*, elle substitue une *expansion générale* et qui comprend le cerveau en masse.

2. On voit maintenant pourquoi, dans mes précédentes expériences où je cherchais à n'opérer que des *lésions simples*, je commençais par mettre à nu tout l'encéphale, par

(1) Un autre moyen direct est la restitution de la continuité des enveloppes, soit par une *plaque* (qui ferme ou bouche l'ouverture), soit par tout autre procédé pareil. Mais c'est là un moyen *mécanique*, *artificiel ;* et je ne parle ici que du *moyen physiologique.*

(2) *Le gonflement de la dure-mère n'arrive guère*, dit-il, *quand l'ouverture du crâne est fort grande. Mém. de l'Acad. roy. de chir.*

l'ablation totale de la région supérieure de ses enveloppes. Je prévenais non-seulement, par là, toute action compressive de la part des épanchements, comme l'a montré mon précédent Mémoire, je prévenais, de plus, comme le montre celui-ci, et toute *exubérance* et tout *étranglement*, et tous les effets de l'une ou l'autre de ces complications.

3. Il ne reste plus qu'à rechercher quelle est la cause même de laquelle dépendent les *exubérances*. Jusqu'ici, je me suis servi indifféremment des mots : *gonflement*, *expansion*, *turgescence*, *exubérance*, etc.; et, par tous ces mots, je n'ai voulu qu'indiquer le fait.

Mais ce fait tient-il à une *force propre*, à une *expansion active* par laquelle le tissu cérébral *s'épanouit* et se *développe*? Ne tient-il, au contraire, qu'à la *dilatation* ou *expansion* de ce tissu par l'*impulsion interne* du système vasculaire, impulsion à laquelle ce tissu cède?

4. Mes précédentes expériences sur l'action mécanique des épanchements cérébraux me paraissent jeter quelque jour sur cette question.

On a vu que ces épanchements ne déterminent la compression du cerveau que parvenus à une *certaine limite*, et qu'ils parviennent plus ou moins rapidement à cette limite, selon la *force impulsive* des organes circulatoires.

Or, cette force impulsive qui, dans le cas des épanchements, pousse le sang entre le cerveau et ses enveloppes, et qui, dans le cas des épanchements artériels, l'y pousse (et par suite *déprime le cerveau*, car le *sang* poussé ne peut se faire place entre cet organe et ses enveloppes qu'en le déprimant) avec tant de *rapidité*, est la même qui pousse sans cesse le sang dans l'intérieur de cet organe. Si donc, en poussant le

sang entre le cerveau et ses enveloppes, elle porte l'*épanchement* (ou le sang poussé) au point de surmonter la *résistance propre* de cet organe et de le *déprimer* ou de l'*affaisser;* elle doit évidemment, en poussant sans cesse le sang dans son intérieur, tendre sans cesse à surmonter pareillement sa *résistance propre* et à le *déprimer* en sens inverse, ou à le *gonfler;* et aussi le *distend*-elle ou le *gonfle*-t-elle en effet, dès qu'il est privé de ses enveloppes, c'est-à-dire des parties mêmes qui le *répriment* ou le *soutiennent.*

5. Ainsi, 1° le cerveau est sans cesse *gonflé* ou *distendu* par la *force impulsive* des organes circulatoires qui poussent sans cesse le sang dans son intérieur; 2° dans l'état naturel, ce *gonflement* du cerveau est *réprimé,* ou *contenu* dans une *certaine limite* par ses enveloppes; et, 3° dès que ces enveloppes *manquent* ou *cèdent* sur un point donné, le *gonflement* dépasse aussitôt, en ce point même, cette limite, et y forme une *proéminence* ou *exubérance.*

6. Le *gonflement* du cerveau tient donc à la même cause que sa *compression* dans le cas des épanchements. C'est toujours la *force impulsive* des organes circulatoires qui agit: seulement, elle agit dans un sens inverse, dans l'un de ces cas par rapport à l'autre; c'est-à-dire de *dedans en dehors,* par l'afflux du sang dans l'intérieur du cerveau, et alors elle le *distend* ou le *gonfle :* et de *dehors en dedans* dans le cas d'épanchement, ou par l'afflux extérieur du sang entre le cerveau et ses enveloppes, et alors elle le *déprime* ou l'*affaisse;* et il est presque inutile d'ajouter que, dans le cas d'épanchement, l'action de dehors en dedans ne l'emporte sur l'action inverse que parce que, d'une part, le calibre des vaisseaux qui déterminent l'épanchement ou l'afflux externe,

l'emporte sur le calibre des vaisseaux qui déterminent l'afflux interne (1), et que parce que, de l'autre, tant que les vaisseaux sont entiers, ils amortissent, par la résistance de leur tissu, une grande partie de la force impulsive des organes circulatoires, tandis que, quand ils sont rompus, l'impulsion du sang ne peut plus être arrêtée que par la substance cérébrale même.

7. Le *gonflement* du cerveau dépend donc essentiellement de la *force impulsive* des organes circulatoires. Or, cette *force impulsive* qui tend sans cesse à *distendre* ou à *gonfler* cet organe, agite, par cela même, toutes ses parties d'une sorte de mouvement ou d'oscillation intime et continuelle.

Ainsi donc, indépendamment du mouvement alternatif d'abaissement et d'élévation qui, comme l'ont montré Schligting, Haller et Lamure, répond aux mouvements alternatifs d'inspiration et d'expiration, et qui le meut en masse; et indépendamment de cet autre mouvement qui le meut aussi en masse et qui, comme l'a montré Haller, répond au battement des artères et est déterminé par ce battement, le cerveau est sans cesse agité, ou mu, dans toutes ses parties, par l'action interne de la *force impulsive* des organes circulatoires.

8. Il me reste à exposer encore le résultat de mes expériences sur quelques autres lésions de l'encéphale; et, de toutes ces données réunies, à déduire enfin la théorie physiologique des principes et des effets de l'opération du trépan dans la pathologie de cet organe.

---

(1) Ces derniers vaisseaux se ramifient et se divisent, en effet, à l'infini, en pénétrant dans l'intérieur de l'organe pour y porter le sang.

EXPÉRIENCES

SUR

L'action qu'exercent certaines substances lorsqu'elles sont immédiatement appliquées sur les différentes parties du cerveau.

PAR M. FLOURENS.

Lues à l'Académie royale des Sciences, le 7 février 1831.

§ Ier.

1. J'ai fait voir, par de précédentes expériences, qu'en retranchant successivement diverses parties du cerveau, on abolit successivement diverses fonctions; et qu'en retranchant peu à peu l'une de ces parties, on abolit peu à peu la fonction propre à cette partie (1).

J'ai fait voir de plus, par d'autres expériences, que certaines substances, bien qu'introduites dans les voies digestives, n'en portent pas moins leur action, soit sur l'encéphale entier, soit sur telle ou telle partie de l'encéphale; et que, dans tous ces cas, l'effet de chaque substance, sur

(1) Voyez mes *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, Paris, 1824.

chaque partie, est absolument le même que celui de la lésion mécanique de cette partie (1).

2. Les résultats des expériences qui suivent ont tout à la fois de l'analogie avec les résultats de ces deux ordres d'expériences; et, par cette analogie, par cette ressemblance même, ils les étendent et les confirment.

§ II.

1. Les lobes cérébraux étant mis à nu, sur un lapin, par l'ablation successive du crâne et de la dure-mère, j'appliquai, sur ces lobes, de l'huile essentielle de térébenthine.

L'animal n'éprouva d'abord aucun effet; il continuait à se mouvoir, comme à l'ordinaire, et conservait toutes ses allures naturelles.

Mais, au bout d'un certain temps, la substance appliquée sur les lobes cérébraux commençant à agir, l'animal parut d'abord agité; puis il prit une attitude fixe et immobile.

Au bout d'un certain temps encore, l'action de la substance se développant de plus en plus (car je renouvelais incessamment l'application de l'huile de térébenthine), les phénomènes acquirent aussi plus d'intensité : tantôt l'animal s'élançait brusquement en avant; tantôt il se mettait à tourner avec une vitesse extrême, en décrivant une courbe rentrante; et puis, tout-à-coup, il retombait dans une immobilité complète; il grinçait des dents, sa tête tremblait, souvent il criait, etc. On l'eût dit dans un accès de *manie furieuse*.

Dans les moments de repos ou d'immobilité, l'animal

(1) Voyez mes *Recherches expérimentales*, déjà citées.

voyait et entendait; mais dans les moments d'agitation et d'exaltation comme *frénétiques*, il n'entendait plus, il ne voyait plus; et, soit en s'élançant en avant, soit en tournant sur lui-même, il frappait violemment de la tête contre les objets qui se trouvaient sur son passage.

2. Il était évident que ces allures bizarres de l'animal, cette alternative singulière et d'immobilité complète et de course impétueuse, ces grincements des dents, ces cris, etc., tenaient à *l'influence exaltée* des lobes cérébraux sur le reste de l'économie. Il était donc curieux de voir si l'huile de térébenthine, immédiatement appliquée sur le cervelet, *exalterait* aussi les fonctions de cet organe, et surtout comment se manifesterait cette *exaltation*, supposé qu'elle eût lieu.

3. Le cervelet d'un lapin étant mis à nu, j'appliquai de l'huile essentielle de térébenthine sur cet organe.

Au bout d'un certain temps, c'est-à-dire dès que les effets de la substance appliquée parurent, l'animal se mit à courir et à sauter avec beaucoup d'agilité.

Cette mobilité singulière ne durait pas toujours; elle était plus ou moins interrompue par des moments de repos; mais elle se renouvelait souvent, et, de plus en plus fréquemment, à mesure que l'action de la substance (dont je renouvelais incessamment l'application) s'accroissait de plus en plus.

Du reste, l'animal voyait, il entendait; et, sauf cette tendance si remarquable à courir ou à sauter, il conservait toutes ses fonctions (1).

(1) Une observation commune s'applique à ces deux expériences: c'est que, si l'on prolonge trop long-temps l'action de l'essence de térében-

4. Je mis les lobes cérébraux à nu, sur un lapin; après quoi, j'appliquai de l'opium (teinture ou gouttes de Rousseau) sur ces lobes; et, comme dans toutes les expériences qui précèdent, comme dans toutes celles qui suivent, je renouvelai cette application, d'abord jusqu'à ce que les effets de la substance appliquée parussent, et ensuite jusqu'à ce que ces effets parussent avec toute leur énergie.

Or, dès qu'il en fut ainsi, l'animal devint immobile, et d'une immobilité telle que j'eus beau le pincer, le piquer, l'irriter, il me fut toujours impossible de le déterminer seulement à changer de place.

Souvent il grinçait des dents; souvent aussi tout son corps était agité de secousses vives et générales; souvent enfin, sa tête et tout son train de devant étaient fortement rétractés en arrière; et cette rétraction allait quelquefois jusqu'à le renverser sur le dos; mais alors, il se relevait bientôt pour ne plus bouger encore, jusqu'à une nouvelle perturbation du même genre.

5. J'appliquai de l'opium (teinture de Rousseau) sur le cervelet, mis à découvert, d'un lapin.

---

thine, soit sur les lobes cérébraux, soit sur le cervelet, les *effets d'excitation*, déterminés par cette substance, finissent par s'affaiblir et par s'altérer. Il y a donc un moment où l'*action spécifique* de la substance est le plus marquée. Pour les lobes cérébraux, ce moment est celui où les allures de l'animal sont les plus bizarres, ses mouvements les plus impétueux : car si l'on prolonge indéfiniment l'*application de la substance*, cette impétuosité s'épuise peu à peu, et de plus en plus, jusqu'à ce que l'animal succombe. Pour le cervelet, ce moment est celui où les mouvements de locomotion sont les plus vifs, sans être irréguliers; car cette *application*, trop prolongée encore, trouble ou désordonne ces mouvements.

Ici le phénomène fut tout-à-fait inverse de celui qu'avait présenté le lapin à cervelet soumis à l'action de l'huile de térébenthine.

On a vu que ce dernier lapin sautait ou courait souvent, et avec beaucoup d'agilité; le lapin à cervelet soumis à l'action de l'opium ne marchait plus, au contraire, qu'avec une peine extrême; jamais il ne courait; et, quand il marchait, c'était toujours en se traînant lentement, et comme couché ou appuyé sur son ventre.

6. La diversité d'action entre ces deux substances, appliquées sur le même organe, était donc complète; c'était l'exaltation des fonctions locomotrices, c'est-à-dire des fonctions du cervelet, dans un cas; c'était la *torpeur* de ces fonctions, dans l'autre.

D'ailleurs, pour les lobes cérébraux, la diversité d'action, entre l'effet de ces deux substances, quoique moins apparente ou moins directe peut-être, n'en était pas moins réelle. Ainsi, l'animal à lobes cérébraux soumis à l'action de l'huile de térébenthine, tantôt s'élançait brusquement en avant, tantôt tournait avec rapidité; et, dans les moments même d'immobilité, il était toujours facile de le déterminer à se mouvoir, pour peu qu'on l'y excitât. L'animal à lobes cérébraux soumis à l'action de l'opium, au contraire, était dans une immobilité absolue, sans interruption, et l'on avait beau l'exciter à marcher ou à courir, on n'y parvenait jamais. Il n'y avait pas, enfin, jusqu'à la direction selon laquelle l'un de ces deux animaux se mouvait, et à la direction selon laquelle l'autre était habituellement *rétracté*, qui ne fussent opposées; car l'animal soumis à l'action de l'huile de téré-

benthine s'élançait toujours *en avant;* et l'animal, soumis à l'action de l'opium, était, au contraire, très-souvent porté ou *rétracté* violemment *en arrière.*

7. Cette opposition si marquée, entre leurs effets, me donna l'idée de substituer, après un certain temps de leur action, l'une de ces substances à l'autre.

J'appliquai de l'opium (teinture de Rousseau) sur les lobes cérébraux d'un lapin; et, quand l'*immobilité absolue* et la *rétraction en arrière* furent bien prononcées, je substituai de l'huile de térébenthine à l'opium.

Au bout de quelque temps, l'immobilité ne fut plus aussi complète; l'animal fit quelques pas, puis il se mit à courir; et, bien que l'immobilité primitive reparût encore par fois, l'action de l'huile de térébenthine n'en avait pas moins modifié essentiellement l'action de l'opium, et renversé jusqu'à un certain point l'ordre des phénomènes

8. J'appliquai de l'alcool tantôt sur les lobes cérébraux, tantôt sur le cervelet de divers lapins; et, dans tous ces cas, l'effet fut, à une moindre intensité près, à peu près pareil à celui qu'avait déterminé l'huile essentielle de térébenthine.

Ainsi, dans les cas où l'alcool portait sur les lobes cérébraux, l'animal se montrait, tour à tour, agité, immobile, ou s'élançant en avant; mais il faisait tout cela avec moins d'impétuosité que dans le cas de l'application de l'huile de térébenthine, et, d'ailleurs, il ne tournait pas sur lui-même; et dans les cas où l'alcool portait sur le cervelet, l'animal courait et sautait souvent, mais toujours moins souvent et moins vivement que dans le cas de l'application de l'huile de térébenthine.

9. J'ai essayé plusieurs autres substances (1); je n'indique ici que celles qui m'ont offert les résultats les plus distincts et les plus tranchés; je me propose, d'ailleurs, d'en essayer plusieurs autres encore.

10. Je me borne, pour le moment, à avoir constaté ces trois faits principaux, savoir : 1° que, parmi *diverses* substances immédiatement appliquées sur les *mêmes* parties du cerveau, chacune a une *action spéciale* ou plus ou moins *distincte* de l'action des autres; 2° que, de plus, cette *action* varie pour chaque partie, comme varie la *fonction propre* de cette partie : modifiant les *allures* de l'animal, quand elle porte sur les lobes cérébraux; modifiant sa *locomotion*, quand elle porte sur le cervelet; et 3° qu'en substituant l'une de ces substances à l'autre, on substitue aussi, dans certains cas, les uns aux autres, les effets déterminés par chacune d'elles; et qu'ainsi ces effets opposés se montrent altérés, changés, et comme neutralisés les uns par les autres.

§ III.

1. En résumé, et pour mettre les résultats de ces nouvelles expériences en rapport avec les résultats de mes premiers travaux, je rappellerai que, dans ces premiers travaux, soit que j'opérasse par l'*ablation graduelle* des diverses parties du cerveau, soit que j'opérasse par l'introduction de *certaines substances dans les voies digestives*, l'effet, au fond, était toujours le même, c'est-à-dire l'*abolition* ou *diminution progres-*

(1) Par exemple, l'éther sulfurique, le camphre (huile camphrée), etc.

sive de la fonction propre de la partie sur laquelle l'opération portait. Or, dans ces nouvelles expériences, on vient de voir que, selon la substance appliquée, c'est tantôt la *diminution*, et tantôt, au contraire, l'*exaltation des fonctions* qu'on observe.

L'effet de ces substances est donc tantôt *pareil*, et tantôt *inverse* à celui de l'*ablation graduelle;* car, dans un cas, elles agissent comme quand je *diminuais* le volume de l'organe par cette *ablation;* et elles agissent, dans l'autre, comme si j'*accroissais*, au contraire, le volume de cet organe.

2. Ainsi, pour le cervelet, soit quand dans mes précédentes expériences je l'enlevais par couches graduelles, soit quand j'introduisais dans les voies digestives une substance de l'ordre de celles qui, d'après ces précédentes expériences, agissent spécialement sur lui, l'effet était toujours l'*abolition* ou *altération progressive* des mouvements réguliers de locomotion. Or, dans ces nouvelles expériences, il y a telle substance, l'opium, par exemple, qui, comme on a vu, produit une *abolition* ou *diminution* pareillement progressive de ces mouvements; et il y en a telle autre, l'essence de térébenthine, qui produit un phénomène inverse ou leur *exaltation marquée*.

3. Ainsi, pour les lobes cérébraux, l'action de l'opium *abolit* leur influence sur le reste de l'économie, à peu près comme l'eût fait leur *ablation* même; et l'huile de térébenthine, au contraire, *accroît* ou *exalte* cette influence.

4. L'application immédiate de certaines substances sur les diverses parties du cerveau agit donc tantôt comme l'*ablation graduelle*, ou en *diminuant de plus en plus* les fonctions de ces parties; et tantôt elle agit en sens inverse, ou en *exal-*

tant ces fonctions; *exaltation artificielle* qui, outre qu'elle est un moyen expérimental de plus, ajouté à ceux de mes précédentes expériences, permet enfin d'imiter ou de reproduire, jusqu'à un certain point, l'*exaltation naturelle* des fonctions de l'encéphale, dans certaines affections de cet organe, telles que les *folies* ou les *manies*.

MÉMOIRE

SUR

LA LOI DES MODIFICATIONS QUE LA RÉFLEXION IMPRIME A LA LUMIÈRE POLARISÉE.

PAR M. A. FRESNEL (1).

Lu à l'Académie des sciences, le 7 janvier 1823.

L'HYPOTHÈSE que j'ai adoptée sur la nature des vibrations lumineuses, m'a conduit à deux formules générales de l'intensité de la lumière réfléchie par les corps transparents, pour toutes les inclinaisons des rayons incidents; l'une de ces formules est relative aux rayons polarisés suivant le plan d'incidence, et l'autre à ceux qui l'ont été dans un plan perpendiculaire. On conçoit qu'elles devaient être différentes, puisque la lumière polarisée suivant le plan d'incidence éprouve une réflexion dont l'intensité croît toujours à mesure que l'obliquité des rayons augmente; tandis que pour la lu-

(1) Ce Mémoire qu'on croyait égaré, vient d'être retrouvé dans les papiers de M. Fourier. Comme il n'est connu que par des extraits tout-à-fait insuffisants (voyez *Annales de Chimie et de Physique*, tom. XXIX, p. 175), on a pensé devoir l'insérer dans ce volume.

mière polarisée perpendiculairement au plan d'incidence, il existe entre les directions perpendiculaires et parallèles à la surface, un certain degré d'obliquité qui rend la réflexion nulle, comme Malus l'a reconnu le premier. Ces formules ont été publiées dans les *Annales de Chimie et de Physique*, tome XVII, cahier de juillet 1821. J'ai fait voir comment j'étais arrivé à la première, mais je n'ai pas indiqué le chemin qui m'avait conduit à la seconde. Je vais exposer ici le principe ou la supposition mécanique qu'il faut ajouter à l'hypothèse fondamentale sur la nature des vibrations lumineuses, pour arriver à ces deux formules, en considérant toujours, comme je l'ai fait jusqu'à présent, le cas où les deux milieux contigus ont la même élasticité et ne diffèrent que par leur densité.

Il faut se rappeler d'abord que cette hypothèse fondamentale consiste en ce que les vibrations lumineuses s'exécutent dans le sens même de la surface de l'onde, perpendiculairement au rayon ; d'où il résulte qu'un faisceau de lumière polarisée est celui dont les mouvements vibratoires conservent une direction unique et constante, et que son plan de polarisation est le plan perpendiculaire à cette direction constante des petites oscillations des molécules éthérées. Ainsi, quand le faisceau est polarisé suivant le plan d'incidence, les vibrations sont perpendiculaires à ce plan, et par conséquent sont toujours parallèles à la surface réfringente, quelle que soit l'inclinaison des rayons. Il n'en est plus de même pour ceux qui ont été polarisés perpendiculairement au plan d'incidence, parce que leurs vibrations s'exécutant alors dans ce plan, ne sont parallèles à la surface réfringente que dans le cas de l'incidence perpendiculaire, puis forment avec elle des angles d'autant plus grands que les rayons s'inclinent

davantage, et lui deviennent enfin perpendiculaires quand les rayons lui sont parallèles; c'est ce qui rend le problème de la réflexion plus difficile à résoudre dans ce second cas que dans le premier. Dans celui-ci, les mouvements oscillatoires s'exécutant uniquement suivant des directions parallèles à la surface, pour les ondes réfléchie et réfractée comme pour l'onde incidente, on peut admettre que les amplitudes de ces oscillations ou que les vitesses absolues des molécules dans un élément quelconque de l'onde réfléchie ou de l'onde réfractée, ne changent pas tandis qu'elles s'éloignent de la surface (1); du moins il me semble que ce principe ne serait pas difficile à démontrer rigoureusement. J'adopte aussi la même supposition pour le cas de la lumière polarisée perpendiculairement au plan d'incidence, c'est-à-dire celui où les vibrations s'exécutent dans ce plan; bien entendu qu'il ne s'agit plus alors que des composantes des vitesses absolues parallèles à la surface réfléchissante; ainsi je suppose que ces composantes ont la même intensité lorsque l'ébranlement réfléchi ou réfracté touche encore à la surface et lorsqu'il s'en est éloigné.

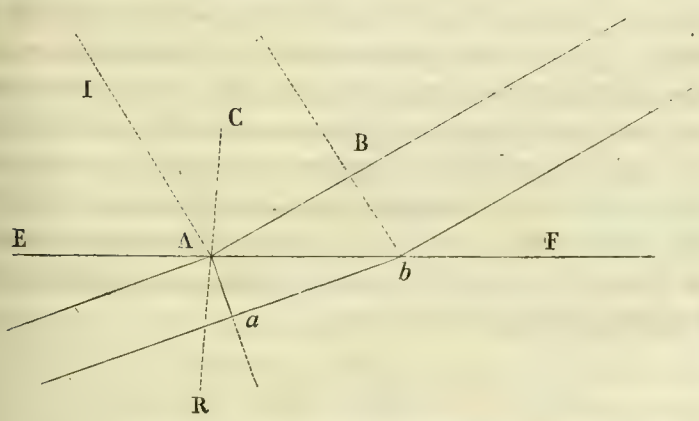
Cela posé, d'après la nature de l'élasticité que je considère, qui est celle qui s'oppose au glissement d'une tranche d'un même milieu sur la tranche suivante, ou au déplacement relatif des tranches en contact de deux milieux différents, les tranches contiguës des deux milieux doivent exécuter paral-

(1) Je suppose ici, bien entendu que le centre de l'onde incidente est infiniment éloigné, en sorte qu'elle est plane ainsi que les ondes réfléchie et réfractée et que leurs intensités ne sont point affaiblies par leur propagation.

lèlement à la surface qui les sépare, des oscillations de même amplitude, sans quoi l'une de ces tranches aurait glissé sur l'autre d'une quantité d'un ordre bien supérieur aux déplacements relatifs des tranches contiguës de chaque milieu considéré séparément, d'où naîtrait une résistance beaucoup plus grande qui s'opposerait à ce déplacement. Ainsi l'on peut admettre comme une conséquence évidente de notre hypothèse fondamentale sur la nature de l'élasticité mise en jeu par les vibrations lumineuses, que les vitesses absolues des molécules voisines de la surface réfringente parallèlement à cette surface, doivent être égales dans les deux milieux : or ces mouvements, dans le premier milieu, se composent à la fois de l'ébranlement apporté par l'onde incidente et de celui de l'onde réfléchie; c'est-à-dire que la composante, parallèle à la surface réfringente, du mouvement imprimé à chaque molécule du premier milieu par l'onde incidente et l'onde réfléchie, doit être égale à la composante parallèle de la vitesse absolue des molécules dans le second milieu; ou en d'autres termes, et supposant la surface réfringente horizontale pour simplifier les expressions, la composante horizontale de la vitesse absolue apportée par l'onde incidente, ajoutée à la composante horizontale de la vitesse absolue imprimée par l'onde réfléchie (prise avec le signe qui lui convient), égale la composante horizontale de la vitesse absolue des molécules du second milieu dans l'onde transmise. Il est clair que cette égalité doit avoir lieu près de la surface de contact, et la supposition que nous avons énoncée d'abord et dont nous allons nous servir, consiste seulement à admettre que ces composantes horizontales restent constantes pendant que les éléments successifs des ondes réfléchies et réfractées

s'éloignent de la surface, et que par conséquent l'équation dont il s'agit a lieu à toutes distances. Avant de donner les raisons sur lesquelles je fonde cette conservation des composantes horizontales, j'attendrai que je puisse traiter la question plus à fond et présenter en même temps la solution du problème pour le cas où les deux élasticités sont différentes. Je ne me propose actuellement que de déduire de cette hypothèse subsidiaire et du principe de la conservation des forces vives, les formules que j'avais publiées en 1821, et dont nous tirerons les lois qui font l'objet de ce Mémoire.

Pour appliquer ici le principe de la conservation des forces vives, il faut pouvoir comparer les masses ébranlées dans les deux milieux, ce qui devient facile au moyen de la loi connue de la réfraction.



Soit EF la surface réfringente, AB l'onde incidente, ab la même onde réfractée; si du point A on abaisse sur ab le rayon perpendiculaire Aa, et que par le point b on conçoive pareillement un rayon Bb perpendiculaire à l'onde incidente,

il est clair que AB et ab seront des étendues correspondantes des deux ondes dans les deux milieux, c'est-à-dire que la partie AB de l'onde incidente occupera dans le second milieu l'étendue ab. Quant aux espaces relatifs qu'elles occupent dans le sens perpendiculaire, suivant la direction des rayons IA et Aa, ce sont précisément les longueurs d'ondulation dans les deux milieux, dont le rapport est celui du sinus de l'angle d'incidence IAC au sinus de l'angle de réfraction RAa. Si donc nous appelons i le premier angle et i' le second, les dimensions relatives des ondes dans le sens des rayons pourront être représentées par sin. i et sin. i'; et conséquemment les volumes des deux portions correspondantes que nous considérons dans les ondes incidentes et réfractées, seront entre eux comme AB.sin. i est à ab.sin. i'. Mais en prenant Ab pour rayon, AB et ab sont les cosinus respectifs des angles BAb et Aba, ou des angles i et i', auxquels ceux-ci sont égaux; les deux volumes sont donc entre eux comme sin. i cos. i est à sin. i' cos. i'. Il nous reste à les multiplier par les densités pour avoir le rapport des masses. Or comme les deux milieux sont supposés avoir la même élasticité et différer seulement en densité, les vitesses de propagation dans ces deux milieux sont en raison inverse des racines carrées de leurs densités; ainsi l'on a,

$$\text{sin. } i : \text{sin. } i' :: \frac{1}{\sqrt{d}} : \frac{1}{\sqrt{d'}},$$

ou

$$d : d' :: \frac{1}{\text{sin.}^2 i} : \frac{1}{\text{sin.}^2 i'};$$

multipliant ce rapport par celui des volumes, nous aurons pour celui des masses,

$$\frac{\sin. i \cos. i}{\sin.^2 i} : \frac{\sin. i' \cos. i'}{\sin.^2 i'},$$

ou

$$\frac{\cos. i}{\sin. i} : \frac{\cos. i'}{\sin. i'}.$$

Si donc on prend $\frac{\cos. i'}{\sin. i'}$ pour représenter la masse ébranlée dans l'onde réfractée, $\frac{\cos. i}{\sin. i}$ sera la masse ébranlée dans l'onde incidente et en même temps la masse de la partie correspondante de l'onde réfléchie, puisque les parties correspondantes des ondes incidentes et réfléchies ont le même volume et que d'ailleurs elles sont dans le même milieu.

Cela posé, je prends pour unité le coefficient commun de toutes les vitesses absolues des molécules dans l'onde incidente, et je représente par v celui des vitesses absolues dans l'onde réfléchie, et par u celui des mêmes vitesses dans l'onde réfractée : en divisant par la pensée l'onde incidente en une série d'une infinité d'ébranlements successifs, et les ondes réfléchies et réfractées en un même nombre d'éléments pareils, il est évident que le rapport entre les vitesses absolues de deux éléments correspondants de l'onde incidente et de l'onde réfractée, par exemple, sera constant pour toutes les parties de ces deux ondes, puisqu'il doit être indépendant de l'intensité plus ou moins grande des vitesses absolues dans les divers éléments de l'onde incidente. Si donc on prend pour unité l'intensité du mouvement vibratoire dans l'onde incidente, v et u seront les coefficients par lesquels il faut multiplier chacune des vitesses absolues des éléments de l'onde incidente pour avoir les vitesses absolues des éléments correspondants de l'onde réfractée et de l'onde réfléchie, et indi-

queront ainsi le degré d'intensité des vitesses absolues dans ces deux ondes. Par conséquent, la masse de l'onde réfractée multipliée par u^2, plus la masse de l'onde réfléchie multipliée par v^2, doivent donner une somme égale à la masse de l'onde incidente multipliée par 1, pour que la somme des forces vives reste constante; on a donc:

$$\frac{\cos. i}{\sin. i} . 1 = \frac{\cos. i'}{\sin. i'} . u^2 + \frac{\cos. i}{\sin. i} . v^2,$$

ou

$$\frac{\cos. i}{\sin. i}(1 - v^2) = \frac{\cos. i'}{\sin. i'} . u^2,$$

ou

$$\sin. i' \cos. i (1 - v^2) = \sin. i \cos. i' u^2 . . . . . (A)$$

Telle est l'équation qui résulte du principe de la conservation des forces vives et qui doit être satisfaite dans tous les cas, soit que le rayon incident ait été polarisé parallèlement ou perpendiculairement au plan d'incidence.

Nous avons admis que dans ces deux cas les mouvements parallèles à la surface réfringente devaient être égaux de chaque côté de cette surface, c'est-à-dire que les vitesses horizontales de l'onde incidente ajoutées aux vitesses horizontales de l'onde réfléchie prises avec leur signe, devaient être égales aux vitesses horizontales de l'onde transmise, et cela non-seulement contre la surface, où le principe est évident, mais encore à des distances contenant un grand nombre de fois la longueur d'ondulation. Lorsque l'onde incidente est polarisée suivant le plan d'incidence, c'est-à-dire que ses vibrations s'exécutent perpendiculairement à ce plan, elles sont toujours horizontales ainsi que celles des ondes réfléchie et transmise, et par conséquent les coefficients des vitesses

horizontales sont 1, v et u pour les ondes incidente, réfléchie et réfractée, et l'on doit avoir, d'après notre hypothèse subsidiaire,

$$1+v=u, \quad \text{ou} \quad (1+v)^2=u^2.$$

Divisant par cette équation celle que nous venons d'obtenir au moyen du principe de la conservation des forces vives, on a :

$$\sin.i'.\cos.i\left(\frac{1-v}{1+v}\right)=\sin.i\cos.i',$$

ou

$$\sin.i'.\cos.i.(1-v)=\sin.i\cos.i'.(1+v);$$

d'où l'on tire,

$$v=-\frac{\sin.i\cos.i'-\sin.i'\cos.i}{\sin.i\cos.i'+\sin.i'\cos.i},$$

ou

$$v=-\frac{\sin.(i-i')}{\sin.(i+i')} \ldots\ldots (1).$$

Dans le second cas, c'est-à-dire celui où la lumière est polarisée perpendiculairement au plan d'incidence, les vibrations s'exécutant alors parallèlement à ce plan et toujours perpendiculairement aux rayons incidents, réfléchis et réfractés, les composantes horizontales des vitesses absolues 1, v et u, sont $\cos.i$, $v\cos.i$ et $u\cos.i'$; on doit donc avoir, d'après l'hypothèse subsidiaire,

$$\cos.i+v\cos.i=u\cos.i', \text{ ou } (1+v)\cos.i=u\cos.i',$$

ou élevant au carré,

$$(1+v)^2\cos.^2 i=u^2\cos.^2 i'.$$

Divisant l'équation (A), qui résulte du principe de la con-

servation des forces vives, par cette dernière équation, l'on a

$$\left(\frac{1-v}{1+v}\right)\cdot\frac{1}{\sin. i\cos. i}=\frac{1}{\sin. i'\cos. i'},$$

ou

$$(1-v)\sin. i'\cos. i'=(1+v)\sin. i\cos. i;$$

d'où l'on tire

$$v=-\frac{\sin. i\cos. i-\sin. i'\cos. i'}{\sin. i\cos. i+\sin. i'\cos. i'}\ldots\ldots(2).$$

Telle est l'expression de la vitesse absolue dans l'onde réfléchie, quand le plan de réflexion est perpendiculaire au plan de polarisation de la lumière incidente. On voit que cette expression devient nulle pour une certaine obliquité des rayons, lorsqu'on a, $\sin. i\cos. i=\sin. i'\cos. i'$, ou $\sin. 2i=\sin. 2i'$ c'est-à-dire quand $2i=180^\circ-2i'$, ou $i=90^\circ-i'$, c'est-à-dire enfin, quand l'angle de réfraction est le complément de l'angle d'incidence, ou, ce qui revient au même, lorsque le rayon réfracté est perpendiculaire au rayon réfléchi, conformément à la loi de Brewster. Il n'en est pas de même pour la formule (1); elle ne pourrait devenir nulle que dans le cas particulier où i' serait égal à i, c'est-à-dire où les ondes lumineuses auraient la même longueur dans les deux milieux en contact. Mais d'ailleurs les deux formules donnent la même vitesse réfléchie pour l'incidence perpendiculaire et pour l'autre limite $i=90^\circ$; et dans le second cas elles indiquent l'une et l'autre que la totalité de la lumière est réfléchie; ce qu'on trouverait sans doute aussi par l'expérience, si l'on pouvait atteindre à cette limite. Dans le cas de l'incidence perpendiculaire, les deux formules donnent,

$$v = -\frac{\sin.i - \sin.i'}{\sin.i + \sin.i'} = -\frac{\frac{\sin.i}{\sin.i'} - 1}{\frac{\sin.i}{\sin.i'} + 1}, \quad \text{ou} \quad v = -\frac{r-1}{r+1},$$

en appelant r le rapport constant du sinus d'incidence au sinus de réfraction. C'est précisément la formule que M. Young a donnée le premier, et à laquelle M. Poisson est arrivé ensuite par une analyse plus savante et plus rigoureuse, mais en ne considérant l'un et l'autre que le genre d'élasticité auquel les géomètres ont attribué uniquement jusqu'à ce jour la propagation des ondes sonores, je veux dire, la résistance des milieux vibrans à la compression.

L'intensité de la lumière, d'après le sens même qu'on attache aux expressions, *lumière double, lumière triple,* etc., étant mesurée par la somme des forces vives qu'elle contient, si l'on veut estimer la quantité de lumière réfléchie dans les deux cas que nous avons considérés, il faudra élever la valeur de v au carré; et en la retranchant de 1, qui représente la lumière incidente, on aura la quantité de lumière transmise. Si la lumière, au lieu d'être polarisée parallèlement ou perpendiculairement au plan d'incidence, l'était dans un autre azimut, alors connaissant la direction suivant laquelle s'exécutent ses vibrations d'après l'azimut de son plan de polarisation, qui leur est perpendiculaire, on en déduirait les composantes de ces petits mouvements parallèlement et perpendiculairement au plan d'incidence. Ainsi par exemple, si l'angle que le plan de polarisation fait avec le plan d'incidence est égal à a, l'angle que les vitesses absolues du faisceau incident feront avec ce dernier plan sera $90° - a$; par conséquent les composantes parallèles à ce plan seront

toutes multipliées par sin. a, et les composantes perpendiculaires par cos. a. Si donc on représente par 1 l'amplitude de vibration de la lumière incidente, sin. a en sera la composante dans le plan d'incidence et cos. a suivant la direction perpendiculaire. C'est à la première composante qu'il faudra appliquer la formule (2), et à la seconde la formule (1) pour avoir les amplitudes d'oscillation de la lumière réfléchie; et l'on aura ainsi pour la composante suivant le plan de réflexion,

$$-\sin. a \left(\frac{\sin. i \cos. i - \sin. i' \cos. i'}{\sin. i \cos. i + \sin. i' \cos. i'} \right),$$

et la composante perpendiculaire,

$$-\cos. a \left(\frac{\sin. i \cos. i' - \sin. i' \cos. i}{\sin. i \cos. i' + \sin. i' \cos. i} \right),$$

ou bien,

$$-\sin. a \frac{\text{tang.}(i - i')}{\text{tang.}(i + i')},$$

et

$$-\cos. a \frac{\sin. (i - i')}{\sin. (i + i')},$$

dont la résultante est

$$-\sqrt{\sin.^2 a . \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')} + \cos.^2 a \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')}};$$

et si l'on veut avoir l'*intensité de la lumière réfléchie*, il suffira d'élever cette expression au carré, ce qui donnera,

$$\sin.^2 a . \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')} + \cos.^2 a \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')}.$$

La lumière directe, qui n'a reçu aucune polarisation préalable, peut être considérée comme l'assemblage ou la succes-

sion rapide d'une infinité de systèmes d'ondes polarisées dans tous les azimuts; en sorte qu'en décomposant les mouvements vibratoires de chacun d'eux parallèlement et perpendiculairement au plan d'incidence, on aura en somme, vu la multitude des chances, autant de mouvement suivant une ces directions que suivant l'autre; et si l'on prend toujours pour unité l'intensité de la lumière incidente, celle de la lumière réfléchie sera,

$$\frac{1}{2}\frac{\text{tang.}^2(i-i')}{\text{tang.}^2(i+i')}+\frac{1}{2}\frac{\text{sin.}^2(i-i')}{\text{sin.}^2(i+i')}.$$

Je n'ai encore pu vérifier cette formule que sur deux anciennes observations de M. Arago, avec lesquelles elle s'accorde d'une manière satisfaisante, comme je l'ai fait voir dans la note déja citée, des *Annales de Chimie et de Physique.*

Mais les formules (1) et (2), dont celle-ci est déduite, se trouvent vérifiées d'une manière indirecte par quatorze observations que j'avais faites depuis long-temps sur les déviations angulaires qu'éprouve le plan de polarisation d'un faisceau de lumière primitivement polarisé dans un azimut de 45° relativement au plan d'incidence, lorsque ce faisceau est réfléchi à la surface extérieure du verre ou de l'eau. On peut voir dans la même note le tableau comparatif des résultats du calcul et de ceux de l'expérience.

Il est aisé de déduire ces déviations des formules (1) et (2), pour tous les azimuts du plan primitif de polarisation. Si a est l'angle que ce plan fait avec le plan d'incidence, sin.a et cos.a serait les composantes des vitesses absolues parallèlement et perpendiculairement à celui-ci; et le système

d'ondes incident pourra être considéré comme l'assemblage de deux autres systèmes d'ondes dont les vibrations s'exécuteraient, dans l'un parallèlement au plan d'incidence avec des vitesses absolues proportionnelles à sin. a, et dans l'autre perpendiculairement à ce plan avec des vitesses absolues proportionnelles à cos. a. Les mêmes vitesses absolues dans les deux systèmes d'ondes réfléchis, seront pour le premier,

$$v = -\sin. a . \frac{\text{tang.}(i-i')}{\text{tang.}(i+i')},$$

et pour le second,

$$v = -\cos. a . \frac{\sin.(i-i')}{\sin.(i+i')}.$$

Or l'un et l'autre ont parcouru le même chemin et ont été réfléchis à la surface de séparation des deux milieux, si la réflexion est partielle et les formules réelles, comme nous le supposons ici; en sorte qu'il n'y aura point entre les deux systèmes d'ondes de différence de chemins parcourus, et que dans l'un et l'autre les mêmes périodes des oscillations ou les vitesses absolues correspondantes répondront au même point du rayon; elles seront donc constamment dans le même rapport et produiront toujours le long du rayon réfléchi des résultantes dirigées suivant le même plan; ainsi la lumière réfléchie sera aussi complètement polarisée que la lumière incidente, et le nouveau plan de polarisation sera perpendiculaire aux directions de ces résultantes : or la tangente de l'angle qu'elles font avec le plan d'incidence est égale au rapport des deux valeurs de v que nous venons de trouver, c'est-à-dire à

$$\frac{\sin. a}{\cos. a} \cdot \frac{\text{tang.}(i-i')\sin.(i+i')}{\text{tang.}(i+i')\sin.(i-i')},$$

ou

$$\text{tang.}\, a \cdot \frac{\cos.(i+i')}{\cos.(i-i')};$$

Ainsi la cotangente de l'angle du nouveau plan de polarisation avec le plan d'incidence sera égale à cette expression, ou la tangente à

$$\text{cot.}\, a \cdot \frac{\cos.(i-i')}{\cos.(i-i')}.$$

Telle est l'expression de la loi des déviations que la lumière éprouve dans son plan de polarisation, lorsqu'elle est réfléchie à la surface extérieure des corps transparents. Dans la réflexion intérieure la même loi doit avoir lieu pour les incidences correspondantes, c'est-à-dire celles des rayons réfractés qui auraient extérieurement l'incidence représentée par i; car, à raison de la généralité de la formule, si l'on représente toujours par i l'angle d'incidence des rayons extérieurs, il suffira de changer i en i' et i' en i dans l'expression ci-dessus pour avoir la tangente du nouvel azimut du plan de polarisation lorsque la réflexion s'opère en dedans du corps transparent, ce qui donnera

$$\text{cot.}\, a \frac{\cos.(i'-i)}{\cos.(i+i')},$$

ou

$$\text{cot.}\, a \frac{\cos.(i-i')}{\cos.(i+i')},$$

même expression que dans le cas précédent, en supposant, bien entendu, que a est toujours l'azimut du plan de polarisation du rayon immédiatement avant la réflexion.

Je n'ai pas encore vérifié la formule dans ce second cas, à

cause de la nécessité de tailler les faces d'entrée et de sortie perpendiculairement aux rayons incidents et émergents pour les différentes obliquités dont on fait l'essai, si l'on veut que la déviation observée soit uniquement due à la réflexion intérieure. A la vérité, l'on pourrait faire cette vérification d'une manière indirecte en employant une glace à faces parallèles et tenant compte des déviations résultant des deux réfractions que le faisceau éprouve de la part de la première surface. Ce procédé aurait l'avantage de permettre de varier sans frais et autant qu'on le désirerait, l'obliquité des rayons incidents. Je n'ai point encore fait ces expériences, mais je ne doute pas que leurs résultats ne fussent conformes à ceux du calcul basé sur les formules que je viens de donner. On en déduit pour la tangente de l'angle que le plan de polarisation d'un rayon réfracté fait avec le plan d'incidence,

$$\frac{1}{2}\cot.\, a\left(\frac{\sin.2\,i+\sin.2\,i'}{\sin.(i+i')}\right).$$

Quand on fait tomber de la lumière ordinaire sur la surface d'un corps transparent, puisqu'elle peut toujours être considérée comme composée de quantités égales de mouvements vibratoires parallèles et perpendiculaires au plan d'incidence, si l'on veut avoir la proportion de lumière polarisée dans les rayons réfléchis, il suffira de calculer pour chaque incidence au moyen des formules

$$\frac{1}{2}\frac{\sin.^2(i-i')}{\sin.^2(i+i')} \text{ et } \frac{1}{2}\frac{\tang.^2(i-i')}{\tang.^2(i+i')},$$

les proportions dans lesquelles se réfléchissent la lumière polarisée parallèlement au plan d'incidence et la lumière pola-

risée perpendiculairement au même plan, et de diviser la différence de ces deux expressions par leur somme; le quotient sera la proportion de lumière polarisée contenue dans le faisceau réfléchi. Quant à la quantité de lumière polarisée par transmission, elle sera égale à l'autre, d'après la théorie que nous venons d'exposer, comme d'après les anciennes expériences de M. Arago.

En étudiant avec un prisme les modifications que la réflexion intérieure imprime à la lumière polarisée, dans un azimut de 45° relativement au plan d'incidence, j'avais observé depuis long-temps que les rayons réfléchis ne conservaient leur polarisation primitive que jusqu'à la limite de la réflexion partielle et que lorsque la réflexion devenait complète, la lumière réfléchie se trouvait en partie dépolarisée. Cette dépolarisation devenait totale après deux réflexions semblables sous une incidence de 50° environ. J'en avais conclu, d'après les règles d'interférences des rayons polarisés, que la lumière réfléchie se trouvait alors composée de deux systèmes d'ondes égaux, différant d'un quart d'ondulation et polarisés l'un parallèlement, l'autre perpendiculairement au plan d'incidence; ce qui revient à dire que les deux faisceaux polarisés parallèlement et perpendiculairement au plan d'incidence dans lesquels on peut diviser le faisceau incident, n'ont pas été réfléchis en quelque sorte à la même profondeur, ou que s'ils l'ont été l'un et l'autre à la surface même, ils y ont éprouvé des modifications différentes dans les périodes de leurs vibrations, et de telle manière qu'après une de ces réflexions le faisceau polarisé suivant le plan d'incidence se trouve en retard d'un huitième d'ondulation sur l'autre, ou en avance

de $\frac{3}{8}$, et après deux réflexions pareilles, en retard d'un quart ou en avance de $\frac{3}{4}$.

Mais cette différence de marche ou de période de vibration varie avec l'inclinaison des rayons; et la loi de ses variations m'avait paru si difficile à découvrir que depuis six ans que ces phénomènes de dépolarisation m'étaient connus, je n'avais pas même essayé d'en chercher la loi, et je n'espérais la trouver qu'après avoir résolu d'une manière complète le problème mathématique de la réflexion et de la réfraction. La solution que j'en viens de donner au commencement de ce Mémoire est sans doute bien incomplète, 1° en ce que je n'ai considéré que le cas où les deux milieux ayant la même élasticité différeraient seulement par leurs densités, tandis qu'il doit arriver le plus souvent que les deux milieux diffèrent en même temps d'élasticité; 2° en ce que j'ai appuyé mes calculs sur un principe que je n'ai point démontré, principe évident à la vérité lorsque les vibrations s'exécutent parallèlement à la surface réfringente, mais qui aurait besoin de démonstration, dans le cas contraire où les rayons sont polarisés perpendiculairement au plan de réflexion, c'est-à-dire où leurs vibrations s'exécutent dans ce plan.

Néanmoins, comme il paraît résulter des faits observés jusqu'à présent que les proportions de lumière réfléchie et transmise à la surface de contact de deux milieux, ainsi que l'angle de la polarisation complète, ne dépendent que des rapports de réfraction des deux milieux, c'est-à-dire du rapport des vitesses de propagation de la lumière dans chacun d'eux, quelles que soit d'ailleurs leur différence de nature

et de densité pondérable (1), et par conséquent sans doute leur différence d'élasticité, il me paraît très-probable que si l'on avait égard dans le calcul à cette dernière différence on aurait le même résultat qu'en attribuant uniquement à une différence de densité les vitesses différentes avec lesquelles la lumière parcourt ces deux milieux, et qu'ainsi l'on retomberait encore sur les formules (1) et (2). Quant à l'hypothèse subsidiaire sur laquelle elles reposent, elle me paraît aussi d'une grande probabilité, à en juger par l'accord satisfaisant entre ces formules et toutes les observations exactes sur lesquelles j'ai pu les vérifier jusqu'à présent. Ayant donc tout lieu de croire qu'on doit les considérer comme rigoureuses (et d'autant plus qu'elles ne sont pas seulement vérifiées par des faits, mais encore établies sur des considérations théoriques déja très-probables en elles-mêmes) j'ai cherché si ces mêmes formules qui m'avaient conduit d'une manière si simple à loi des déviations que les rayons éprouvent dans leur plan de polarisation par l'effet de la réflexion extérieure, ne m'aideraient pas à deviner la loi des modifications d'une nature toute différente que la réflexion totale imprime à la lumière polarisée, et j'y suis effectivement parvenu au moyen des inductions que je vais exposer.

Les formules (1) et (2) conservent la forme réelle, pour toutes les valeurs de i comprises entre 0 et 90°, tant que le second milieu est plus réfringent que le premier; mais quand il l'est moins, c'est-à-dire lorsque le coefficient n par lequel

(1) J'appelle ainsi la partie de la densité du milieu qu'on peut peser, c'est-à-dire du corps; quant à l'éther contenu entre les particules de ce corps, on ne peut pas le peser, parce qu'il est incoërcible.

il faut multiplier sin. i pour avoir sin. i' est plus grand que 1, avant d'atteindre 90°, on trouve une valeur de i pour laquelle la valeur correspondante de sin. i' est égale à 1 et passé laquelle ce sinus est plus grand que l'unité; alors cos. i' devient imaginaire et avec lui les formules (1) et (2), dans lesquelles il entre. Cependant, en vertu de la loi générale de continuité, si elles étaient une expression exacte des lois de la réflexion jusqu'à la limite dont nous venons de parler, elles doivent encore l'être après; mais l'embarras est de les interpréter et de deviner ce que l'analyse annonce dans ces expressions imaginaires. C'est néanmoins ce que nous allons tâcher de faire, sinon par des raisonnements rigoureux, au moins par les inductions les plus naturelles et les plus probables.

Pour fixer les idées, prenons d'abord la formule (1),

$$v = -\frac{\sin. i \cos. i' - \sin. i' \cos. i}{\sin. i \cos. i' + \sin. i' \cos. i},$$

qu'on peut mettre sous la forme,

$$v = -\frac{\sin. i \sqrt{1 - n^2 \sin.^2 i} - n \sin. i \cos. i}{\sin. i \sqrt{1 - n^2 \sin.^2 i} + n \sin. i \cos. i},$$

ou multipliant haut et bas par le numérateur,

$$v = -\frac{\sin.^2 i (1 - n^2 \sin.^2 i) + n^2 \sin.^2 i \cos.^2 i - 2n \sin.^2 i \cos. i \sqrt{1 - n^2 \sin.^2 i}}{\sin.^2 i (1 - n^2 \sin.^2 i) - n^2 \sin.^2 i \cos.^2 i},$$

ou

$$v = -\frac{1 - n^2 \sin.^2 i + n^2 \cos.^2 i - 2n \cos. i \sqrt{1 - n^2 \sin.^2 i}}{1 - n^2 \sin.^2 i - n^2 \cos.^2 i}.$$

Tant que $n^2 \sin.^2 i$ est plus petit que 1, cette valeur de v est réelle; quand $1 = n^2 \sin.^2 i$, elle devient $-\frac{n^2 \cos.^2 i}{-n^2 \cos.^2 i}$, ou $+1$;

c'est-à-dire que la totalité de la lumière incidente est réfléchie; mais lorsque $n^2 \sin.^2 i$ est plus grand que 1, le radical $\sqrt{1 - n^2 \sin.^2 i}$, qui s'était évanoui dans le dernier cas, reparaît, et de réel qu'il était auparavant devient imaginaire; alors nous le mettrons sous la forme $\sqrt{n^2 \sin.^2 i - 1} \cdot \sqrt{-1}$, et la valeur de v sous celle-ci,

$$v = \frac{1 - n^2 \sin.^2 i + n^2 \cos.^2 i}{-1 + n^2 \sin.^2 i + n^2 \cos.^2 i} + \frac{-2n \cos. i \sqrt{n^2 \sin.^2 i - 1} \times \sqrt{-1}}{-1 + n^2 \sin.^2 i + n^2 \cos.^2 i},$$

ou

$$v = \frac{1 + n^2 - 2n^2 \sin.^2 i}{n^2 - 1} - \frac{2n \sqrt{1 - \sin.^2 i} \sqrt{n^2 \sin.^2 i - 1} \times \sqrt{-1}}{n^2 - 1} \quad \ldots\ldots (A)$$

On voit que cette valeur de v est la somme d'une quantité réelle et d'une quantité imaginaire : quand $n^2 \sin.^2 i = 1$, le terme imaginaire s'évanouit et le terme réel devient égal à 1; mais lorsque $n^2 \sin.^2 i$ est plus grand que 1, quoique la valeur de v renferme alors un terme imaginaire et que le terme réel devienne plus petit que 1, il est certain, d'après la théorie (1) comme d'après l'expérience, que la totalité de la lumière incidente est encore réfléchie; d'une autre part rien n'est changé dans le milieu que parcourent les rayons réfléchis : c'est toujours le premier milieu; ainsi nous savons d'avance que le coefficient commun des vitesses absolues des

(1) A l'aide du principe des interférences, on démontre aisément (du moins pour un point éloigné de la surface réfringente d'une distance très-grande relativement à la longueur d'ondulation) que la lumière transmise est nulle dans ce cas, et par conséquent, d'après le principe de la conservation des forces vives, la lumière réfléchie doit être égale à la lumière incidente.

molécules dans les ondes réfléchies doit être réel et égal à 1 ; que signifie donc le terme imaginaire qui entre dans ce coefficient v? Il signifie sans doute que les périodes de vibration des ondes réfléchies, qui, dans les bases du calcul, avaient été supposées coïncider *à la surface* pour les ondes incidentes et réfléchies, ne coïncident plus; en effet, si c'est la véritable interprétation de l'expression imaginaire, l'analyse ne pouvant pas abandonner dans ses réponses la supposition fondamentale de cette coïncidence, nous donnera nécessairement, pour coefficient des vitesses absolues réfléchies, une quantité imaginaire; car si l'on représente par x le chemin parcouru à partir de la surface et que $\sin.(a+x)$ soit la vitesse absolue d'un point de l'onde réfléchie à la distance x dans le cas où ses périodes de vibration coïncidaient à la surface avec celles de l'onde incidente, si ces périodes sont retardées ou avancées dans l'onde réfléchie d'une certaine quantité, la vitesse absolue du même point sera $\sin.(a'+x)$: or quel que soit le coefficient réel A par lequel on multiplie $\sin.(a+x)$ on ne pourra jamais faire que $A \sin.(a+x)$ soit égal à $\sin.(a'+x)$ par toutes les valeurs de x; c'est-à-dire qu'en continuant à compter les périodes de vibration comme on l'avait fait d'abord, il n'est aucun coefficient constant réel qui puisse servir à représenter les vitesses absolues dont les diverses molécules du milieu sont animées à chaque instant par l'effet des ondes réfléchies. Cela posé, et suivant toujours la même idée, nous pouvons concevoir le système d'ondes réfléchi décomposé en deux autres différant d'un quart d'ondulation et dont l'un aurait toujours à la surface, entre ses vibrations et celle des ondes incidentes, la coïncidence de période que nous avions supposée primitivement dans notre

calcul, ou en d'autres termes serait réfléchi à la surface même de séparation des deux milieux; alors le coefficient de ce système d'ondes sera réel et celui de l'autre imaginaire. Si la forme à laquelle nous avons amené la valeur de v met en évidence ces deux coefficients, il faut que le carré du premier terme

$$\frac{1 - n^2 \sin.^2 i + n^2 \cos.^2 i}{-1 + n^2},$$

plus le carré du second

$$\frac{-2n \cos. i \sqrt{n^2 \sin.^2 i - 1}}{-1 + n^2},$$

qui dans la valeur de v est affecté du facteur imaginaire $\sqrt{-1}$, donnent une somme égale à l'unité : or c'est effectivement ce qui a lieu. Nous pouvons donc, avec un espoir bien fondé de ne pas nous méprendre, déterminer la position du système d'ondes réfléchi d'après ces deux systèmes composants, dont l'un partant de la surface même a pour coefficient de ses vitesses absolues

$$\frac{1 + n^2 - 2n^2 \sin.^2 i}{n^2 - 1},$$

et l'autre, qui diffère du premier d'un quart d'ondulation, a pour coefficient

$$\frac{-2n \sqrt{1 - \sin.^2 i} \sqrt{n^2 \sin.^2 i - 1}}{n^2 - 1}.$$

Après déterminé de cette manière la position du système d'ondes résultant, le procédé le plus direct pour vérifier le résultat du calcul serait de comparer par interférence la différence de marche entre deux rayons voisins dont l'un aurait

éprouvé la réflexion totale sous une inclinaison donnée, et dont l'autre, réfléchie sous la même inclinaison et par la même surface, ne l'aurait été que partiellement, au moyen du contact d'un liquide réfringent en son point d'incidence. Je n'ai pas encore eu le temps de faire cette expérience; et comme l'objet principal de mes recherches théoriques était de découvrir la loi des modifications imprimées à la lumière polarisée par la réflexion totale, modifications qui dépendent de la différence de position que cette réflexion établit entre les ondes polarisées suivant le plan d'incidence et celles qui sont polarisées perpendiculairement à ce plan, j'ai dû calculer d'abord cette différence et voir si elle s'accordait avec les faits que je connaissais, puis en vérifier l'expression générale par des expériences nouvelles.

Pour avoir les coefficients des deux systèmes d'ondes composants de la lumière réfléchie, lorsque les rayons incidents sont polarisés perpendiculairement au plan de réflexion, il faut appliquer à la formule (2) les transformations et les raisonnements que nous venons d'employer pour la formule (1): et d'abord nous chasserons les imaginaires du dénominateur en multipliant haut et bas par le numérateur, ce qui nous donnera

$$v = -\frac{\sin.^2 i \cos.^2 i + \sin.^2 i' \cos.^2 i' - 2 \sin. i \cos. i \sin. i' \cos. i'}{\sin.^2 i \cos.^2 i - \sin.^2 i' \cos.^2 i'},$$

expression qu'on peut mettre sous la forme

$$v = -\frac{\cos.^2 i + n^2 (1 - n^2 \sin.^2 i) - 2 n \cos. i \sqrt{n^2 \sin.^2 i - 1} \times \sqrt{-1}}{\cos.^2 i + n^2 (n^2 \sin.^2 i - 1)},$$

ou

$$= + \frac{(n^4 + 1)\sin.^2 i - n^2 - 1}{(n^2 - 1)[(n^2 + 1)\sin.^2 i - 1]} + \frac{2 n \sqrt{1 - \sin.^2 i)(n^2 \sin.^2 i - 1)} \times \sqrt{-1}}{(n^2 - 1)[(n^2 + 1)\sin.^2 i - 1)} \quad \ldots (B).$$

Nous considérerons donc la lumière réfléchie comme composée de deux systèmes d'ondes séparés par un quart d'ondulation, dont l'un parti de la surface aura pour coefficient de ses vitesses absolues

$$\frac{(n^4+1)\sin.^2 i - n^2 - 1}{(n^2-1)\left[(n^2+1)\sin.^2 i - 1\right]},$$

et l'autre

$$\frac{2n\sqrt{(1-\sin.^2 i)(n^2\sin.^2 i - 1)}}{(n^2-1)\left[(n^2+1)\sin.^2 i - 1\right]};$$

et l'on trouve en effet que la somme des carrés de ces deux coefficients est égale à 1.

Pour les simplifier, remplaçons la constante n^2 par c et la quantité variable $\sin.^2 i$ par x; alors ils deviennent:

$$\frac{(c^2+1)x - c - 1}{(c-1)\left[(c+1)x - 1\right)},$$

et

$$\frac{2\sqrt{c(1-x)(cx-1)}}{(c-1)\left[(c+1)x-1\right]}.$$

Par le même changement de lettres dans la formule (A), on a

$$\frac{c+1-2cx}{c-1},$$

et

$$\frac{-2\sqrt{c(1-x)(cx-1)}}{c-1},$$

pour les coefficients correspondants dans le cas où la lumière incidente est polarisée suivant le plan d'incidence.

On sait que pour déterminer la position de chacun des deux systèmes d'ondes résultants, quand ses deux systèmes composants sont comme ici séparés par un quart d'ondula-

tion, le calcul d'interférence est absolument semblable au calcul qu'on fait en statique pour trouver la direction de la résultante de deux forces rectangulaires. Ainsi, la longueur d'ondulation étant représentée par une circonférence entière, si nous représentons par l'angle α la distance qui sépare les points homologues du système résultant et du système composant réfléchi à la surface, nous aurons pour le cas où la lumière incidente est polarisée suivant le plan de réflexion,

$$\cos.\alpha = \frac{c+1-2cx}{c-1},$$

et

$$\sin.\alpha = \frac{-2\sqrt{c(1-x)(cx-1)}}{c-1};$$

et représentant par l'angle 6, la distance du système résultant au système composant réfléchi à la surface, dans le cas où les rayons ont été polarisés perpendiculairement au plan d'incidence, nous aurons,

$$\cos.6 = \frac{(c^2+1)x-c-1}{(c-1)[(c+1)x-1)},$$

et

$$\sin.6 = \frac{2\sqrt{c(1-x)(cx-1)}}{(c-1)[(c+1)x-1)}.$$

Pour avoir l'intervalle qui sépare les points correspondants des deux systèmes d'ondes résultants, c'est-à-dire, leur différence de marche, il suffit de calculer $\alpha - 6$, ce qu'on peut faire aisément au moyen de la formule

$$\cos.(\alpha - 6) = \cos.\alpha\cos.6 + \sin.\alpha\sin.6;$$

substituant à la place de $\cos.\alpha$, $\sin.\alpha$, $\cos.6$, $\sin.6$, leurs valeurs, on a :

$$\cos.(\alpha-6)=\frac{(c+1-2cx)[(c^2+1)x-c-1)-4c(1-x)(cx-1)}{(c-1)^2[(c+1)x-1)};$$

ou, effectuant les multiplications du numérateur et ordonnant par rapport à x,

$$\cos.(\alpha-6)=\frac{-2c(c-1)^2x^2+(c+1)(c-1)^2x-(c-1)^2}{(c-1)^2[(c+1)x-1)},$$

ou enfin, divisant haut et bas par $(c-1)^2$,

$$\cos.(\alpha-6)=\frac{-2cx^2+(c+1)x-1}{(c+1)x-1}.$$

Pour employer cette formule il faut se rappeler que x est le carré du sinus d'incidence intérieure, c le carré du rapport de réfraction, et que l'arc $\alpha-6$ divisé par la circonférence exprime la fraction d'ondulation dont le système d'ondes polarisé perpendiculairement au plan d'incidence est en avance ou en arrière du système d'ondes polarisé suivant ce plan, après la réflexion; car le signe de l'arc $\alpha-6$ ne peut pas être indiqué par son cosinus.

La formule (2), qui nous a donné le coefficient des vitesses absolues de l'onde réfléchie, quand les rayons incidents sont polarisés perpendiculairement au plan de réflexion, présente dans l'interprétation de son signe une petite difficulté qui pourrait, au premier abord, faire penser qu'elle ne s'accorde pas avec les observations sur la déviation du plan de polarisation dans la réflexion extérieure : pour nous faire mieux entendre, prenons le cas où l'angle i est presque égal à 90°, c'est-à-dire où les rayons incidents sont presque parallèles à la surface; on sait qu'alors le plan de polarisation des rayons réfléchis est sur le prolongement des rayons incidents. Ce-

pendant la valeur

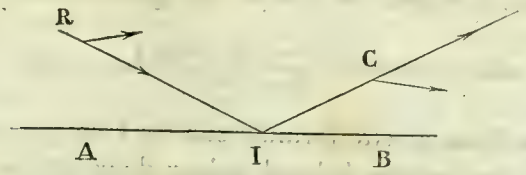
$$v = -\frac{\sin. i \cos. i - \sin. i' \cos. i'}{\sin. i \cos. i + \sin. i' \cos. i'}$$

devient alors $v = +1$, tandis que l'autre formule

$$v = -\frac{\sin. i \cos. i' - \sin. i' \cos. i}{\sin. i \cos. i' + \sin. i' \cos. i}$$

donne dans le même cas $v = -1$, ce qui semblerait indiquer au premier abord que le premier système d'ondes exécute ses vibrations au point d'incidence dans le même sens que le faisceau incident, et le second système d'ondes en sens contraire du faisceau incident qui l'a produit, d'où résulterait un mouvement composé perpendicule à celui de l'ensemble des deux faisceaux incidents. Mais il faut faire attention que cette interprétation du signe est vraie pour les rayons polarisés suivant le plan d'incidence, dont les vibrations sont toujours parallèles dans les ondes incidentes, transmises et réfléchies, quelle que soit l'inclinaison de ces rayons; tandis qu'on ne peut pas entendre de la même manière le signe plus dans le second cas, où la direction des vibrations réfléchies fait en général un certain angle avec celle des vibrations incidentes. Quand les rayons sont perpendiculaires à la surface, ces deux directions coïncident, mais à mesure que l'obliquité augmente, elles s'écartent l'une de l'autre et ne finissent par coïncider de nouveau à l'autre limite, qu'après avoir décrit chacune 90° ou ensemble 180°, d'où l'on pourrait déja conclure que le signe de la valeur de v doit être interprété d'une manière opposée. Et en effet, si l'on remonte à l'équation par laquelle nous avons exprimé que la composante horizontale de la vitesse absolue dans l'onde transmise

était égale à la somme de celle de l'onde incidente et celle de l'onde réfléchie prise avec son signe, on verra que le signe positif ou négatif de celle-ci indique qu'elle porte les molécules, parallèlement à la surface, dans le même sens que l'onde incidente ou en sens contraire : or, considérons le cas où les rayons ayant dépassé l'inclinaison de la polarisation complète, la valeur de v est devenue positive; soit I C



l'onde incidente qui a produit l'onde réfléchie I R; il est évident, par la seule inspection de la figure, que dire que les composantes des deux vitesses absolues parallèles à la surface A B ont le même signe, agissent dans le même sens, c'est dire que si la vitesse absolue qui agit suivant I C tend à éloigner la molécule I du milieu inférieur, la vitesse absolue de l'onde réfléchie agissant suivant R I tend à l'y faire entrer, et qu'en conséquence, à la limite, lorsque les rayons étant parallèles à la surface les deux ondes lui seront perpendiculaires, leurs vitesses absolues agiront précisément en sens contraires. Ainsi puisque d'après nos calculs, la vitesse absolue a le même signe que sa composante horizontale, nous nous rappellerons que la valeur positive de v indique seulement la similitude de signe dans les composantes horizontales des ondes incidentes et réfléchies, ou ce qui est plus simple pour le cas dont nous nous occupons, changer le signe de v, en convenant que les vitesses absolues dans les ondes

incidentes et réfléchies porteront le même signe, quand elles pousseront les molécules de la surface du même côté, et des signes contraires, lorsqu'une les poussera en dedans du premier milieu et l'autre en dedans du second.

Cela posé, la valeur de v changeant de signe dans le cas où les rayons incidents sont polarisés perpendiculairement au plan de réflexion, $\sin.\mathcal{E}$ et $\cos.\mathcal{E}$ en changent aussi et par conséquent la valeur de $\cos.(\alpha-\mathcal{E})$, qui devient :

$$\cos.(\alpha-\mathcal{E})=\frac{2cx^2-(c+1)x+1}{(c+1)x-1} \quad \ldots\ldots (C).$$

Vérifions d'abord cette formule sur les faits qui nous sont connus : nous savons d'abord qu'aux deux limites de la réflexion totale il n'y a plus aucune dépolarisation partielle du faisceau incident polarisé dans l'azimut de 45°; et en effet, pour la première, $n\sin.i=1$, par conséquent $n^2\sin.^2 i$, ou $cx=1$; $\cos.(\alpha-\mathcal{E})=\frac{2x-1+x+1}{1+x-1}$, ou $\cos.(\alpha-\mathcal{E})=1$; pour la seconde limite, quand les rayons sont parallèles à la surface, $x=1$, et $\cos.(\alpha-\mathcal{E})=\frac{2c-c-1+1}{c+1-1}=1$; ainsi dans un cas comme dans l'autre l'angle $\alpha-\mathcal{E}$ est égal à zéro ou à un nombre entier de circonférences, et conséquemment il n'y a pas de différence de marche entre les deux systèmes d'ondes polarisés parallèlement et perpendiculairement au plan d'incidence qui composent le faisceau réfléchi; leur réunion doit donc reproduire une lumière complètement polarisée, comme la lumière incidente, et précisément dans l'azimut donné par l'expérience.

Nous savons encore que sous l'incidence de 50°, la différence de marche entre les deux systèmes d'ondes réfléchis

est égale à un huitième d'ondulation, ou du moins n'en diffère que très-peu : or si l'on met dans la formule, $\sin.^2(50°)$ à la place de x, et à la place de c le carré de 1,51, qui est l'index de réfraction de la glace de St.-Gobain, on trouve, $\cos.(\alpha-\mathcal{E})=\frac{0,6456}{0,9248}$, ce qui donne pour $\alpha-\mathcal{E}$ un arc de $45°.43'\frac{1}{2}$, quantité presque exactement égale au huitième de la circonférence, puisqu'elle n'en diffère pas d'un soixantième.

J'avais reconnu aussi dans mes anciennes observations que la dépolarisation partielle produite par une seule réflexion dans le verre ne dépasse guère ce terme, et qu'après avoir resté quelque temps au même point pendant qu'on augmente l'inclinaison des rayons incidents, elle diminue continuellement jusqu'à la seconde limite de réflexion totale, où elle devient tout-à-fait insensible. On peut, à l'aide de la formule (C) calculer ce maximum, qui répond au minimum de $\cos.(\alpha-\mathcal{E})$, en différentiant par rapport à x et égalant le coefficient différentiel à zéro, ce qui donne, après plusieurs réductions, $(c+1)x-2=0$, d'où l'on tire, $x=\frac{2}{c+1}$, et substituant cette valeur de x dans la formule (C), on a $\cos.(\alpha-\mathcal{E})=\frac{8c}{(c+1)^2}-1$, en substituant à la place de c sa valeur, on trouve $45°.56'\frac{1}{2}$ pour le maximum de $\alpha-\mathcal{E}$, ce qui excède bien peu, comme on voit, le huitième de la circonférence. En mettant aussi pour c sa valeur dans la formule x ou $\sin.^2 i=\frac{2}{c+1}$, on trouve $i=51°.20'\frac{1}{3}$; tel est l'angle d'incidence qui donne le maximum de dépolarisation partielle produite par une seule réflexion intérieure du verre de Saint-Gobain.

Après m'être assuré ainsi que la formule (C) représentait bien la marche générale du phénomène entre les deux limites de la réflexion complète et donnait précisément à ces deux limites et pour l'incidence de 50° les résultats que j'avais observés depuis long-temps, j'ai fait quelques expériences nouvelles pour vérifier cette formule dans les incidences intermédiaires. Le degré de dépolarisation le plus facile à constater est celui de la dépolarisation complète, parce qu'il donne deux images d'égale intensité quand on analyse la lumière avec un rhomboïde de spath d'Islande, et deux images incolores quand on la fait passer dans un tube rempli de térébenthine; c'est pourquoi j'ai toujours fait en sorte d'arriver à la dépolarisation complète par la succession des réflexions totales, dans les expériences nouvelles que je vais rapporter.

D'après la valeur maximum que nous venons de trouver pour $\alpha - \epsilon$ et qui excède à peine d'un degré le huitième de la circonférence, il est clair que pour avoir entre les deux faisceaux une différence de marche égale à un quart d'ondulation, il faut au moins deux réflexions totales dans l'intérieur du verre. J'ai voulu déduire de la formule (C) l'incidence exacte qui satisfaisait à cette condition, c'est-à dire donnait rigoureusement un huitième d'ondulation de différence à chaque réflexion, et pour que la formule pût servir à d'autres expériences où le nombre des réflexions serait plus considérable, j'ai résolu le problème d'une manière générale en représentant par a le cosinus de la partie quelconque de circonférence à laquelle on voulait que l'arc $\alpha - \epsilon$ fût égal, et égalant la valeur de cos. $(\alpha - \epsilon)$ au cosinus donné a, j'ai eu l'équation,

$$\frac{2cx^2-(c+1)x+1}{(c+1)x-1}=a,$$

ou

$$2cx^2-(c+1)x+1=a(c+1)x-a,$$

ou enfin,

$$\frac{x^2-(c+1)(a+1)x}{2c}+\frac{a+1}{2c}=0;$$

d'où l'on tire,

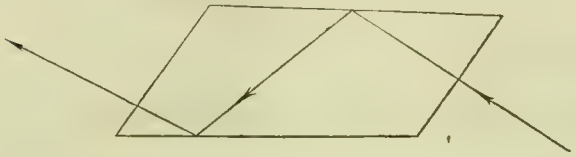
$$x=\frac{(c+1)(1+a)\pm\sqrt{(1+a)[(c+1)^2(1+a)-8c]}}{4c}=\text{sin.}^2.i\ldots(\text{D}).$$

On voit que x, ou $\text{sin.}^2 i$, a en général deux valeurs différentes, qui ne deviennent égales que dans le cas du maximum de la différence de marche $\alpha-\epsilon$, parce qu'alors a étant égal à $\frac{8c}{(c+1)^2}-1$, ou $a+1$ à $\frac{8c}{(c+1)^2}$, $(c+1)^2(1+a)-8c=0$, et le radical s'évanouit.

Quand on fait a égal à cos. $45°$ ou $\sqrt{\frac{1}{2}}$, on trouve pour les deux valeurs correspondantes de l'angle d'incidence, $i=48°.37'\frac{1}{2}$, et $i=54°.37'\frac{1}{2}$.

La première des valeurs étant plus voisine que l'autre de la première limite de la réflexion complète, qui est différente pour les diverses espèces de rayons, on sent aisément que calculée d'après le rapport de réfraction des rayons jaunes, elle devra donner des résultats moins semblables pour les rayons de différente réfrangibilité; c'est donc la seconde valeur qu'il faut adopter de préférence, si l'on veut avoir plus d'uniformité dans les modifications imprimées aux diverses espèces de rayons colorés qui composent la lumière blanche. J'ai fait tailler un parallélipipède de verre de St.-Gobain, dont

les faces d'entrée et de sortie étaient inclinées de 54°.37′ sur les deux autres, de manière qu'elles fussent perpendiculaires au faisceau polarisé dans l'azimut de 45°, qui éprouvait successivement deux réflexions intérieures sur celles-ci, sous l'incidence calculée de 54°.37′.

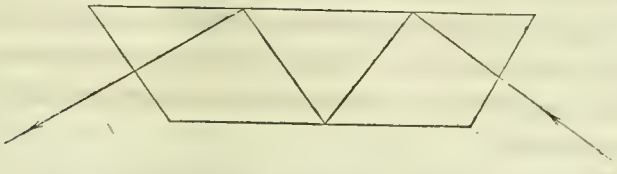


Alors analysant les rayons émergents avec un rhomboïde de spath calcaire, j'ai trouvé les deux images sensiblement incolores et d'égale intensité, dans quelque azimut que je tournasse sa section principale.

Cette expérience n'étant guère qu'une répétition de celles que j'avais faites anciennement, mais seulement plus exacte et éclairée par la théorie, ne pouvait en être considérée comme une vérification nouvelle; c'est pourquoi j'ai essayé de produire la même modification, ou d'obtenir une différence de marche d'un quart d'ondulation, d'abord par trois et ensuite par quatre réflexions totales.

Dans le premier cas, il faut que $\alpha - 6$ soit égal à un tiers de quadrant, ou que a soit égal à cos.30° : cette valeur substituée dans la formule (D), donne pour l'angle d'incidence i qui satisfait à cette condition, 43°.10′ $\frac{2}{3}$ et 69°.12′ $\frac{1}{3}$. J'ai voulu vérifier par l'expérience ces deux valeurs de i, et pour cela j'ai fait tailler deux verres trapézoïdaux dont les faces d'entrée et de sortie étaient inclinées en sens contraires sur les deux faces réfléchissantes, dans l'un de 43°.11′ et

dans l'autre de 69°. 12′, de sorte qu'elles fussent perpendiculaires aux rayons incidents et émergents réfléchis dans le premier verre sous l'incidence de 43°. 11′, et dans le second sous celle de 69°. 12′.



La première incidence s'approche trop de l'origine de la réflexion totale pour que la valeur de $\alpha - 6$ ne varie pas sensiblement d'une espèce de rayons aux autres; aussi ai-je remarqué quelques traces de coloration dans les deux images, en analysant le faisceau émergent avec un rhomboïde de spath calcaire; mais d'ailleurs il paraissait aussi complètement dépolarisé qu'on pouvait s'y attendre.

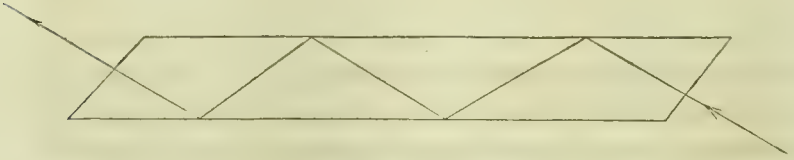
L'autre verre taillé d'après l'incidence de 69°. 12′, m'a procuré un faisceau modifié d'une manière beaucoup plus uniforme pour les diverses espèces de rayons, et qui analysé par la double réfraction donnait toujours deux images blanches et d'égale intensité dans quelque azimut qu'on tournât la section principale du cristal.

J'ai ensuite produit la même modification par quatre réflexions consécutives; il faut pour cela que $\alpha - 6$ soit égal à un quart de quadrant, ou que $a = \cos. 22°. 30'$; ce qui donne pour i les deux valeurs suivantes,

$$i = 42°. 19'. 50'', \text{ et } i = 74°. 41'. 50''.$$

La première valeur de i était trop voisine de l'origine de la

réflexion totale (que les rayons jaunes éprouvent à 41°.28′.20″ d'incidence) pour que je ne fusse pas certain d'avance qu'elle me donnerait des images colorées; c'est pourquoi je n'ai employé que la seconde, en faisant tailler un parallélipipède de verre dont les faces d'entrée et de sortie faisaient un angle de 74°.42′ avec les deux surfaces réfléchissantes, et dont la longueur était calculée de façon que les rayons éprouvassent dans son intérieur les quatre réflexions totales sous l'incidence calculée.



J'ai obtenu de cette manière un faisceau parfaitement dépolarisé, ou en d'autres termes, qui avait reçu bien complètement la polarisation circulaire.

J'ai voulu vérifier encore mes formules par une expérience sur la réflexion totale au contact du verre et de l'eau. J'ai cherché d'abord la valeur maximum que cette réflexion pouvait donner pour $\alpha - \epsilon$, et j'ai trouvé 14°, qui répond à l'incidence $i = 69°.34'$; par conséquent six réflexions pareilles ne suffiraient pas pour atteindre 90° et produire exactement la dépolarisation complète; il en faudrait au moins sept, et comme elles auraient lieu sous des incidences assez obliques, il faudrait une plaque de verre d'une assez grande longueur pour que l'on pût craindre que, quelque bien recuite qu'elle fût, elle ne produisît sur un assez long trajet entre les deux faisceaux quelque différence de marche indépendante des réflexions complètes et provenant d'une double réfraction très-

faible. C'est pourquoi j'ai préféré combiner seulement deux réflexions totales au contact du verre et de l'eau avec deux réflexions totales au contact du verre et de l'air qui devaient compléter la dépolarisation commencée par celles-là. J'ai trouvé que l'incidence qui donnerait $\alpha - 6 = 31°$ dans la réflexion intérieure du verre seul était $i = 68°.27'$, différant peu, comme on voit, de l'incidence $i = 69°.34'$, qui répond au maximum de $\alpha - 6$ pour le contact du verre et de l'eau; or, comme une quantité varie peu autour de son maximum, en adoptant l'incidence de $68°.27'$, je devais avoir encore bien près de $14°$ pour la réflexion au contact du verre et de l'eau; et en effet j'ai trouvé par le calcul $13°.53'\frac{2}{3}$, qui ajouté à $31°$ donne $44°.53'\frac{2}{3}$, dont le double est $89°.47'\frac{1}{3}$, qui diffère bien peu, comme on voit, d'un quart de circonférence. J'ai donc fait tailler un parallélipipède de verre, dont les faces d'entrée et de sortie étaient inclinées sur les deux autres de $68°.27'$, et dont la longueur avait été déterminée de manière qu'après quatre réflexions intérieures sous l'incidence de $68°.27'$, les rayons incidents qui entraient par le milieu de la face intérieure sortissent aussi par le milieu de la seconde, en sorte qu'il suffisait d'incliner le parallélipipède de verre jusqu'à ce que la face d'entrée vînt se peindre au milieu de la face de sortie pour être certain que les rayons qui arrivaient à l'œil avaient été réfléchis sous l'incidence calculée (1). Lorsque le parallélipipède de verre n'était en contact qu'avec l'air, le faisceau émergent analysé par un rhomboïde de spath

(1) J'avais réglé de la même manière la longueur des autres morceaux de verre employés dans les expériences précédentes.

calcaire donnait deux images d'intensités variables et généralement inégales, et l'on pouvait reconnaître que la lumière avait passé le point de la polarisation circulaire. Mais quand on appliquait une feuille de papier mouillé sur une des faces réfléchissantes, le faisceau émergent paraissait complètement dépolarisé, ou polarisé circulairement, conformément au calcul. Enfin quand on mouillait les deux faces réfléchissantes, la lumière n'était dépolarisée qu'en partie, et l'on pouvait reconnaître, à la direction de son plan de polarisation partielle, qu'elle était encore en-deçà et non pas au-delà de la dépolarisation complète, comme dans le cas où aucune des deux faces n'avait été mouillée.

Je me suis borné jusqu'à présent à ces cinq expériences, qui, jointes à mes anciennes observations sur les mêmes phénomènes, me paraissent établir suffisamment l'exactitude de la formule (C).

Je ne doute pas qu'elle ne fournisse aussi une représentation fidèle des phénomènes de coloration très-sensible qu'on observe surtout dans le voisinage de la limite commune des réflexions totale et partielle, en supposant toujours qu'on emploie de la lumière polarisée dans un azimut de 45° relativement au plan de réflexion, et qu'on analyse le faisceau émergent avec un rhomboïde de spath calcaire (1). Pour vérifier la formule dans ce cas, il faudrait d'abord calculer,

(1) M. Brewster est le premier qui ait remarqué ces phénomènes; mais d'après la manière dont il les décrit et les lois qu'il leur suppose, il paraît qu'il a confondu, avec ces effets de la réflexion totale, des phénomènes ordinaires de polarisation résultant de quelque trempe accidentelle des prismes qu'il aura employés.

d'après les différents degrés de réfrangibilité des diverses espèces de rayons colorés, les différentes valeurs de $\alpha - 6$ qui correspondraient à l'incidence donnée : ayant déterminé ainsi la différence de marche entre les deux systèmes d'ondes émergents polarisés parallèlement et perpendiculairement au plan d'incidence, pour les sept principales espèces de rayons colorés, on calculerait aisément, au moyen des formules d'interférence, l'intensité que chaque espèce devrait avoir dans l'image ordinaire et l'image extraordinaire pour un azimut quelconque de la section principale du rhomboïde, et substituant les intensités trouvées dans la formule empirique de Newton qui donne la couleur résultant d'un mélange de rayons, on trouverait les teintes que doivent offrir les deux images, et l'on verrait si elles s'accordent avec l'observation.

Je me propose de faire ces expériences et ces calculs lorsque j'aurai plus de loisir; mais je crains que l'époque où il me sera possible de les entreprendre et de compléter la vérification directe des formules (1) et (2) ne soit encore un peu éloignée.

Malgré tout ce que mes recherches sur la réflexion laissent encore à désirer, tant sous le rapport théorique que sous celui des vérifications expérimentales, il me semble qu'elles établissent déja avec un haut degré de probabilité l'exactitude des formules que j'ai données dans ce Mémoire, vu le nombre des faits exacts par lesquels elles sont déja confirmées et la variété des phénomènes qu'elles embrassent. Car les formules (1) et (2), par exemple, qui s'accordent avec les phénomènes connus de la réflexion de la lumière polarisée et se trouvent vérifiées par deux observations très-pré-

cises de M. Arago sur l'intensité de la lumière réfléchie sous des incidences obliques, représentent encore très-bien les déviations que j'avais observées dans le plan de polarisation de la lumière réfléchie à la surface extérieure du verre et de l'eau, et cela par une déduction qui est une conséquence immédiate et forcée des idées théoriques qui m'ont servi à découvrir ces formules. Quant à la formule (C) que j'en ai tirée aussi et qui représente la loi des modifications imprimées par la réflexion totale, je dois convenir qu'elle n'en découle pas d'une manière aussi nécessaire; mais elle m'en paraît l'interprétation la plus naturelle, quand la valeur de v devient imaginaire; et cette interprétation qui se vérifie sur les formules mêmes, se trouve d'ailleurs confirmée par les cinq expériences que je viens de rapporter et par mes observations antérieures.

Pour résoudre le problème rigoureusement, au lieu de chercher à deviner ce que l'analyse indique dans des formules qui deviennent imaginaires, il aurait fallu recommencer le calcul pour le cas de la réflexion complète, en y exprimant la condition que le mouvement vibratoire ne peut pas se propager dans le second milieu, ou que du moins s'il y pénètre, comme certaines expériences paraissent l'indiquer, il ne s'étend qu'à une petite distance de la surface de contact des deux milieux. Je me propose de reprendre par la suite le problème dans son entier, et de le traiter d'une manière plus rigoureuse et plus générale, en supposant que les deux milieux diffèrent non-seulement en densité, mais encore en élasticité. Dans ces nouvelles recherches théoriques, les résultats que j'ai obtenus déja me seront très-utiles; car c'est un grand point de connaître d'avance les théorèmes auxquels on doit arriver et de n'avoir plus qu'à les démontrer.

Je me proposais d'exposer à la fin de ce Mémoire des calculs d'interférences qui présentent sous une forme très-simple le genre de vibrations imprimées aux rayons polarisés par la réflexion complète; mais n'en ayant pas le temps et ces calculs étant d'ailleurs sans difficulté, je me contenterai d'en énoncer les résultats principaux.

Lorsque le faisceau incident est polarisée dans un azimut de 45° relativement au plan de réflexion, les deux systèmes d'ondes polarisés parallèlement et perpendiculairement à ce plan dont la lumière réfléchie est composée sont d'égale intensité, si par deux ou un plus grand nombre de réflexions totales on a établi entre eux une différence de marche égale a un quart d'ondulation, ou à un nombre entier et impair de quarts d'ondulation, les molécules décriront de petits cercles autour de leurs positions d'équilibre et avec une vitesse uniforme : si la différence de marche est un nombre pair de quarts d'ondulation, elles décriront des lignes droites; enfin si cette différence n'est pas un nombre entier de quarts d'ondulation, les courbes décrites seront des ellipses. Ce seront encore des ellipses, la différence de marche étant un nombre entier et impair de quarts d'ondulation, si les deux systèmes d'ondes n'ont pas la même intensité, comme cela aurait lieu dans le cas où la lumière incidente n'aurait pas été polarisée à 45° du plan de réflexion, ou si deux systèmes d'ondes polarisées venant à interférer dans des circonstances quelconques, leurs plans de polarisation n'étaient pas rectangulaires.

MÉMOIRE

SUR

UN ENFANT QUADRUPÈDE,

NÉ ET VIVANT A PARIS,

MONSTRUOSITÉ DÉTERMINÉE SOUS LE NOM GÉNÉRIQUE D'*ILÉADELPHE*;

PAR M. GEOFFROY-S.-HILAIRE.

Lu à l'Académie royale des Sciences, le 6 septembre 1830.

L'ENFANT (1) que madame Heu, sage-femme, vient de présenter à l'Académie, et qu'elle a reçu le 4 juillet dernier (1830), est né à Paris, rue de Vaugirard, n° 88. Le père, nommé Évrard, est un ouvrier carrossier, d'une bonne constitution; sa femme, aussi bien portante, avait déja eu plusieurs enfants, nés tous sans aucune déformation. Livrée aux soins de son ménage, la femme Évrard s'occupe de savonnage avec quelque ardeur, et ce ne pourrait être qu'en s'employant ainsi qu'elle aurait pu se blesser. Ses souvenirs lui disent que dans sa vivacité extrême elle s'est quelquefois heurtée et

(1) Agé d'un an et un mois, aujourd'hui 5 août 1831.

meurtrie, principalement à la région du bassin, mais aucun de ses souvenirs ne s'applique toutefois aux faits de sa dernière grossesse. Cependant cette grossesse n'eut pas le cours réglé des précédentes; elle fut troublée par des malaises et des écoulements en blanc et en rouge, qui durèrent de la fin du premier mois au commencement du cinquième.

C'est dans ces circonstances qu'arrivant le terme ordinaire du développement fœtal, la femme Évrard mit au monde, après un travail simple et naturel, son dernier enfant, né double inférieurement, depuis et y compris le bassin.

La première impression que fait éprouver cet enfant, si nous nous occupons d'abord de son avenir, c'est-à-dire de lui comme devant appartenir à la classe ouvrière de la société, impression d'abord d'un intérêt compatissant, se trouve, dans le moment suivant, tempérée par la réflexion consolante qu'il est peu d'états que cet enfant ne puisse embrasser; car enfin il réunit en lui, entièrement et dans des rapports convenables, toutes les conditions de l'humanité, toutes les parties organiques d'un sujet normal. Un second train postérieur qu'il porte en plus, si c'est une surcharge, ne constitue cependant pas un fardeau entravant le jeu des autres organes essentiels. La situation respective des parties surnuméraires, réglée à l'origine par des effets d'adhérence au dedans des enveloppes placentaires, s'est maintenue après la naissance du sujet. Les principales jointures articulaires étant frappées d'ankilose, cela ne saurait empêcher de tirer un parti avantageux de ce surcroît d'organisation; car des fesses en plus, grasses et potelées, pourraient avoir pour cet enfant, l'utilité d'un coussin favorisant sa pose, quand il voudra s'asseoir. La jambe voisine de l'appareil surnuméraire est plus faible

que sa congénère; elle est appauvrie de tout le sang qui s'engage dans l'organe surajouté. Pour obvier à cet inconvénient, il suffira de contrarier le développement des parties surnuméraires en les tenant constamment renfermées dans une poche, en les privant ainsi de mouvements, quand d'ailleurs il faudra au contraire exciter par un exercice vif et suivi le développement de la jambe née plus faible. Cela fait, le jeune Gustave Évrard (c'est le nom de l'enfant présenté aujourd'hui à l'Académie) pourra exécuter à peu près tous les actes physiologiques de l'espèce humaine.

Maintenant nous allons considérer la monstruosité en elle-même. Elle consiste dans l'existence d'un train de derrière en plus, embranché sur un bassin qui est à tous autres égards placé dans les conditions normales: un noyau osseux, lequel n'a pu, faute d'un emplacement suffisant, fournir au développement entier d'un second bassin, se trouve intercalé postérieurement et à gauche, entre la partie gauche du bassin normal et le coccyx. Cette partie surnuméraire n'a pris position qu'après avoir repoussé le coccyx au-delà de la ligne médiane et vers la droite. A cet effet, la colonne épinière, à partir des lombes, est déviée dans cette direction. Ainsi se trouve adossé à l'iléon et à l'ischion de gauche un noyau osseux, réunissant avec des conditions d'atrophie les éléments de deux os iléons et ischions, où tout au milieu est une gorge articulaire. Il pouvait suffire et il a suffi de ces parties intercalées pour qu'un second train de derrière survînt, et, figurant comme un hors-d'œuvre accroché à un être d'ailleurs parfaitement régulier, réussît, sans y apporter d'obstacle, à se marier aux arrangements préfixes d'un système organique; comme on le pourrait dire par exemple d'une

branche inattendue qu'aurait produite le développement d'un arbre. Chaque tête de fémur des membres surajoutés est logée dans la cavité articulaire commune, et par conséquent à si petite distance l'une de l'autre, que les fémurs, restant dans toute leur longueur séparés et distincts, n'ont pu chacun se recouvrir de leurs muscles et téguments qu'après que les parties charnues similaires se sont rencontrées et soudées, de telle sorte qu'il n'existe qu'une seule cuisse pour l'appareil surnuméraire, qu'une seule cuisse formée par de doubles éléments engagés et réunis.

Mais, à partir du genou, ces parties diverses se sont dédoublées; chaque jambe existe à part dans son indépendance, aussi bien avec une propre déformation que sous une apparence différente. Nous allons en traiter séparément :

1° *La jambe gauche de l'appareil surnuméraire.* Elle est ankilosée et coudée à angle droit, de gauche à droite; le pied, également contourné à angle droit, laisse voir la cheville extérieure dans une situation tout-à-fait inférieure; l'autre cheville occupe le centre d'une grosse tubérosité, et se trouve ainsi sans manifestation au dehors. Ce pied, ainsi tourmenté, est terminé seulement par deux doigts, dont l'un est double de l'autre. (*Voyez la planche qui accompagne ce Mémoire.*)

2° *La jambe droite.* Elle est plus courte, plus ramassée, plus épaisse, et en partie engagée dans les téguments de la cuisse unique; ce sont les mêmes renversements et contours aux malléoles; d'ailleurs le pied reprend plus loin tout-à-fait les conditions normales; il est terminé par cinq doigts, se trouvant exactement tous dans leurs rapports respectifs, comme position et volume. De la façon que ces pieds se sont rangés et casés dans le sac utérin pour y occuper moins de

place, l'ankilose des parties articulaires les a maintenues, parce que cette ankilose, due au défaut de mouvement des parties, a imprimé tout d'abord à celles-ci des effets pour toujours persévérer.

Entre les fesses propres à chaque jambe normale existe une plus grande fesse, s'étendant sur toutes les parties réunies vers le haut de l'appareil surnuméraire; l'anus s'ouvre dans le sinus déclive, et particulièrement vers le milieu de la rainure produite par l'abaissement de la fesse surnuméraire sur l'inclinaison en sens contraire de la fesse de la jambe droite. Au contour formé de l'autre côté, de la cuisse gauche à la cuisse surnuméraire, existe l'espace d'un pouce de large, pour favoriser par devant le placement et le débouché de l'organe sexuel; celui-ci, du sexe masculin, est régulier; les testicules n'ont point encore traversé l'anneau inguinal.

C'est présentement le cas d'insister sur une observation fournissant des faits importants à la théorie de la monstruosité; je veux parler de trois cicatrices bien visibles sur le tronc surnuméraire, savoir: l'une longitudinale (*a*) à la région supérieure et médiane de la large fesse, une autre (*b*) en retour sur la cuisse, près le genou, et une troisième (*cd*) sur le pied bidigitaire consistant en une dépression circulaire.

Ces cicatrices sont les vestiges d'une bride membraneuse qui exista durant la première moitié de la grossesse, et qui, répandue tout le long de la ligne médiane des membres associés, les fixa d'abord aux membranes placentaires. Il suffit pour qu'une telle bride soit produite et devienne l'ordonnée de tous les effets subséquents que nous avons décrits plus haut, que, de deux germes contenant chacun un corps embryonnaire, l'un soit déchiré et épanche ses fluides, et de plus

qu'il ne soit pas pourvu trop promptement à la restauration de cette déchirure. Les plaies rapidement cicatrisées font avorter les faits de monstruosité, l'organisation rentrant dès-lors dans ses conditions normales. Mais qu'il n'en soit pas ainsi et que les premières tendances à déviation persévèrent, d'autres circonstances concourent à laisser le champ libre à la monstruosité. Ainsi à la suite de la vidange des eaux de l'amnios, le corps embryonnaire est mis par les contractions de l'utérus en plein contact avec les enveloppes placentaires; renfermé et tout empaqueté qu'il est alors dans ses membranes, il est par les contractions persévérantes de l'utérus rapproché du second œuf, celui-ci se trouvant maintenu sain et sans altération. Alors il faut bien qu'entre les deux embryons, celui-ci, libre dans son amnios, et celui-là froissé et tout gêné par des membranes plissées, qui le tiennent empaqueté, il existe ou l'une ou l'autre des positions suivantes : Ou bien l'approche des deux embryons s'est faite de telle sorte que des parties respectivement les mêmes chez tous deux soient en regard, et se présentent face à face; ou bien non. Dans le cas de la négative, aucune affinité n'est exercée; chaque germe reste renfermé dans sa poche, tous deux procédant séparément à leur développement, l'un régulièrement et l'autre monstrueusement. Alors se développent les faits dont j'ai rendu compte dans un mémoire ayant pour titre : *Sur quelques conditions générales de l'acéphalie complète*, et que j'ai publié dans la *Revue médicale*, en juillet 1826; alors, dis-je, deux frères jumeaux, sous l'intervention aussi indispensable qu'active d'un seul placenta à double loge, poursuivent leur développement; l'un qui s'établit régulièrement, et l'autre qui croît sans tête et qui quelquefois

aussi n'a ni tête ni tronc, et ne consiste que dans l'existence d'un train de derrière; sujet alors uniquement constitué au moyen de deux jambes et de l'appareil sacro-coccygien.

Qu'il arrive au contraire à des parties respectivement les mêmes de se rencontrer face à face, c'en est assez pour que la force d'affinité s'exerce sous les raisons suivantes. Des éléments homogènes en présence sont entraînés par leur tendance réciproque, ils s'approchent, se joignent et se soudent ensemble. Je me suis ainsi rendu compte des faits de conformation anomale qui frappent en la personne de Gustave Évrard. Je ne reproduirai pas ici mes idées théoriques sur cette matière; je viens tout récemment, en traitant des monstres ischiadelphes, de les exposer avec détail: je m'en réfère à ce travail (1).

Maintenant toutes les déformations des membres surnuméraires ne sont certainement que des faits conséquents à l'ordonnée que j'ai plus haut signalée. Une bride membraneuse a d'abord traversé de part en part la poche fœtale des membres surnuméraires. Sur les flancs à droite et à gauche de cette bride, les éléments formateurs des deux jambes se sont d'abord déposés: ce qui se poursuit avec d'autant plus d'efficacité que les organes produits gagnent en volume, et qu'agissant par résorption sur la bride, ils en déterminent l'atrophie, puis la rupture. Ainsi arrive un moment où le sujet n'est plus attaché qu'à ses deux extrémités. Or c'était là où en étaient les choses, lorsque naquit Gustave Évrard. Les cicatrices qui en témoignent encore après deux mois

(1) Imprimé dans le *Journal complémentaire*, t. 37, cahier 146, p. 133.

d'âge, s'effaceront sans doute avec l'âge, étant, je pense, destinées à disparaître entièrement.

Trente-neuf cas d'acéphalie dont j'ai rapporté quelques circonstances dans mon article précité, s'accordent en ce point (1), que la poche fœtale de tout monstre acéphale a peu de capacité, et contient très-peu d'eau : ils s'accordent encore sous ce rapport, que les membres des 39 sujets étaient entièrement et bizarrement déformés à leurs extrémités. Tout joint au jumeau normal que l'est dans le cas que nous examinons le train de derrière, seul reste développé d'un autre germe, c'est un fait de même ordre que quand les jumeaux sont séparés. Aussi faut-il comprendre dans les mêmes explications les déformations de ces membres surnuméraires. Ces explications sont données nettement et simplement dans l'exposé suivant :

La réunion des muscles fémoraux, le peu de longueur des jambes, le raccourcissement moindre de l'une, la forme plus ramassée et plus acculée sur la cuisse de l'autre, l'ankilose des jointures articulaires, la torsion de malléoles, la non-production de quelques doigts, tous ces résultats se trouvent acquis ou successivement à l'égard de quelques-uns, ou simultanément pour les autres, et dépendent des forces vives de l'organisation, mais qui sont contrariées dans leur ten-

(1) A ces faits déja nombreux, il faut ajouter les trois cas d'acéphalie dont le savant professeur J.-D. Herholdt traite, dans son livre publié en danois, de 1828 à 1829, et tout récemment traduit en allemand. J'y ai trouvé que chaque sujet imparfait qu'il a décrit avait été produit conjointement avec un frère établi régulièrement. J'avais donné ce fait comme général en 1826.

dance à reproduire l'ordinaire développement de ces parties. Et, en effet, les empêchements proviennent du peu de capacité de la poche fœtale, et, à la fois, des adhérences aux enveloppes ambiantes qui retiennent, dans le commencement de la gestation, le corps embryonnaire. C'est la faculté d'agir par extension ou par flexion qui laisse toute facilité à un libre développement : où celle-ci n'est pas, arrivent comme autant d'effets nécessaires les soudures, les ankiloses, les contractions ou refoulements des membres, et la non-production de quelques doigts, qui vicient l'organisation secondairement. Et quand sur la fin de la gestation d'aussi puissantes interventions cèdent par un débridement qu'amène la supériorité d'influence du fœtus sur les enveloppes, il n'est plus alors rien de réparable; les premiers arrangements subits se conservent : en sorte que toutes les déformations que nous avons rappelées ne seraient, ne sont vraiment, au fond, que la conséquence d'une principale ordonnée; celle de l'existence d'une bride, celle-ci causée ordinairement par une lésion du monde extérieur, quelquefois inaperçue et simplement alors considérée comme un malaise par les femmes enceintes.

On est peut-être surpris que je n'emploie pas un langage dubitatif ou d'hésitation en parlant de l'organisation d'un sujet vivant, surtout en traitant de ce qui fut dans les différentes époques des développements utérins. Je dois compte des motifs de cette confiance et les produis ainsi. Je ne m'avance qu'avec des connaissances acquises, qu'étant bien informé par de nombreuses observations, où j'ai vraiment surpris la nature sur le fait. Tous les monstres que l'on embrasse sous le nom très-impropre d'*éventration*, à cause de leurs viscères faisant hernie au dehors de l'abdomen et que

je range sous quatre chefs ou dans quatre genres, m'ont plus particulièrement donné tous les accidents successifs d'une gestation troublée par des brides aponévrotiques. C'est dans ces études que j'ai puisé une partie des renseignements dont je viens de faire usage.

Je vais terminer par dire un mot de quelques cas analogues, sinon semblables. Aldrovande, en son livre *De Monstris,* parle de plusieurs enfants quadrupèdes, et donne, page 535, d'après Jacques Roux, la figure de l'un d'eux, né à Rome. Ce savant naturaliste avait accordé plus d'attention aux oiseaux pourvus d'un second train de derrière, quelques-uns étant dans la possibilité de se servir simultanément de leurs quatre pieds. Ainsi il a fait représenter, comme se trouvant dans ce cas, trois poulets, pages 551, 552, 553; une oie, page 564; trois pigeons, pages 565, 566 et 568, puis enfin un chardonneret, page 569. On trouve aussi dans le *Recueil des écarts de la nature,* par Regnault et sa femme, un poulet quadrupède, pl. 5, lequel n'avait pu se servir du train surnuméraire, les pieds en étant plus courts et déformés, et un pigeon, pl. 23, qui, au contraire, posait facilement sur ses quatre pattes et faisait usage de toutes dans la marche.

C'est un poulet établi comme dans les exemples d'Aldrovande, pages 566 et 568, ou comme le poulet du *Recueil des écarts de la nature,* pl. 5, qui est vivant à Étampes et qui reproduit à tous égards le cas de monstruosité de l'enfant Gustave Évrard. D'une seule cuisse à double fémur sortent deux jambes mal conformées, ramassées, inégales et avec jointures ankilosées. Je l'ai fait demander pour satisfaire au désir exprimé lundi dernier par M. le président: mais les propriétaires de ce poulet ont spéculé sur notre besoin et ont mis

à si haut prix la vente, ou même la simple communication de leur oiseau, qu'il a fallu y renoncer.

Au défaut de ce poulet vivant, je présente une oie de notre ménagerie, à trois pattes; c'est le même cas de monstruosité, mais qui n'a porté ses effets que sur une jambe. La patte consistant en ses parties digitales manque toutefois, depuis quelques mois seulement. Pendante et traînée à terre, elle se revêtissait d'une couche de vase; ce qui, repris par l'action solaire, devenait une croûte, ou une sorte de tunique de consistance pierreuse. Soit compression des vaisseaux se rendant à la peau, soit peut-être aussi effet d'un refroidissement prolongé, cette patte a cessé d'être nourrie, et il lui est arrivé comme au bois des cerfs de se détacher à la manière d'une branche morte. La séparation qui s'en est faite a laissé des traces: car il n'est resté du tarse qu'un moignon court et couvert d'une peau rugueuse. En revanche, la jambe a été extraordinairement nourrie, au point d'avoir été transformée en une tubérosité ovoïde et considérable. Je reviendrai sur cette circonstance, quand, après la mort du sujet, quelques études d'anatomie auront été praticables.

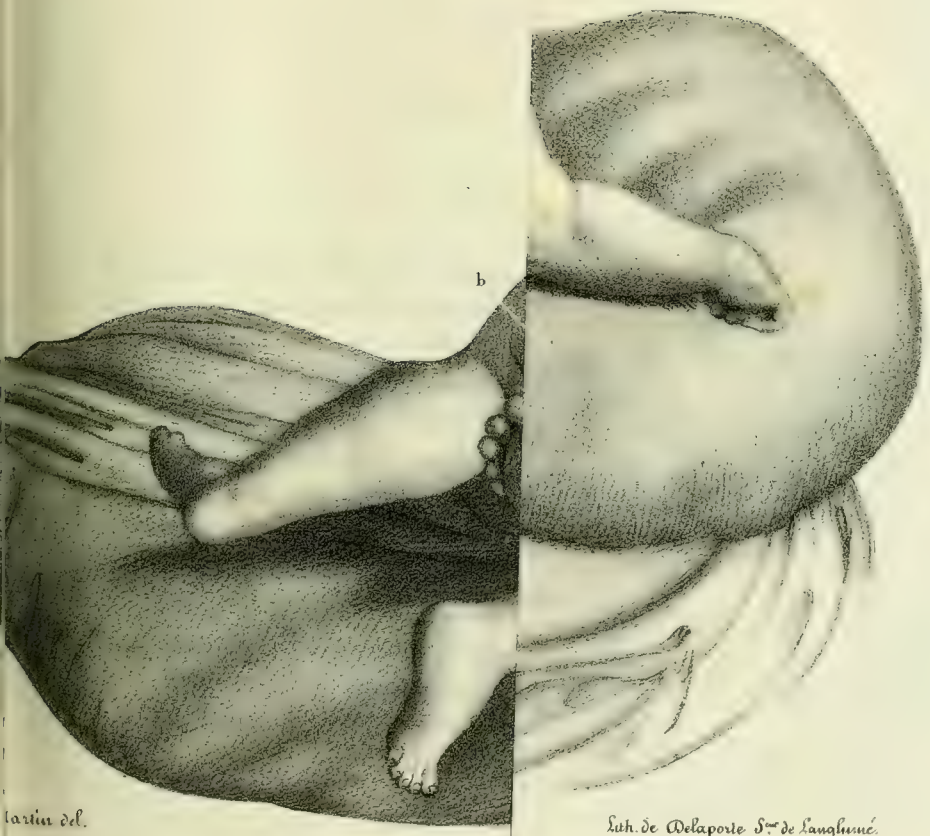
Les faits décrits dans ce mémoire étant reproduits de la même façon tant chez l'homme que chez les animaux, et formant un ensemble d'organisation dont les limites sont posées avec rigueur, doivent être, en outre, repris et considérés zoologiquement: sous ce rapport et pour être classés avec toutes les autres déterminations concernant les êtres de la monstruosité, ils constituent les éléments caractéristiques d'une nouvelle famille, que je propose de distinguer sous le nom d'ILÉADELPHE, c'est-à-dire, frères jumeaux joints ensemble par les iléons.

ADDITION AU MÉMOIRE PRÉCÉDENT.

Je viens de revoir, le 7 août 1831, l'enfant aux quatre pieds, Gustave Évrard. Il est sevré et continue à se bien porter. Ses deux trains de derrière prennent respectivement un égal développement. Bien loin que leurs trois cicatrices s'effacent, elles se prononcent davantage; celle (*a*) de la double fesse laisse voir aujourd'hui une rainure de sept lignes de long et d'un rouge incarnat; la seconde (*b*) à la cuisse forme une trace brune aussi longue, mais moins profonde; quant à la troisième (*cd*), elle m'avait paru autrefois ne constituer à la naissance du pied bidigitaire qu'un enfoncement à bord circulaire, mais cette dépression est présentement une cavité assez profonde; laquelle se prolonge, jusque tout auprès de l'ongle et sur une étendue de dix lignes, par un trait sans relief, ni profondeur, faisan paraître la peau plus lisse et brillante. J'ai pu vérifier à quoi tenait le plus de vigueur de ces cicatrices : c'est à leur fixation sur le périoste même de l'os, rendue aujourd'hui plus sensible, parce que les muscles et la graisse que les développements de l'âge amènent sous la peau, n'y débridant pas les cicatrices, forme ressaut de chaque côté. Il me paraît d'après cela certain, que la bride générale, cause et ordonnée de la monstruosité, ayant régné sans interruption depuis *a* jusqu'en *d* durant la première moitié de la gestation, était formée dans le principe par le périoste même des os conjoints. Ayant pu cette fois soumettre l'enfant Évrard à une exploration plus attentive, j'ai manifestement senti sous le doigt une rainure profonde à l'os de la double cuisse, rainure indiquant la ligne de partage des deux fémurs soudés ensemble.

La bourse testiculaire est présentement remplie, mais par deux testicules très-inégaux en volume : celui de grandeur ordinaire était situé antérieurement. Tout à l'arrière de cette grande bourse, et gagnant vers la marche de l'anus, était un autre et très-petit scrotum : cette autre poche, dont je n'avais pas eu occasion de parler dans l'article précédent, est restée vide.

Nota. *Les traits placés sur la cuisse double et sur la jambe bidigitaire indiquent le trajet de la bride, ayant fixé l'embryon aux membranes placentaires, durant la première époque de la gestation.*



Martin del.

Lith. de Delaporte Sr. de Langlumé.

Iléadelphe.

Gustave Evrard; né à Paris le 4 Juillet 1830.

MÉMOIRE

SUR

L'influence que deux couleurs peuvent avoir l'une sur l'autre quand on les voit simultanément.

PAR M. CHEVREUL.

Lu à l'Académie des sciences, le 7 avril 1828.

1. LES occasions fréquentes que j'ai de regarder des couleurs très-variées et dégradées autant que l'exigent les travaux des manufactures royales de tapisserie, m'ont mis à portée de faire des observations qui ne seront pas inutiles, je l'espère, à ceux qui s'occupent d'assortir des objets diversement colorés, afin d'en tirer le meilleur parti possible pour l'agrément de la vue. Les phénomènes qui font l'objet de ce Mémoire rentrent dans ceux que les physiciens nomment *couleurs accidentelles*, d'après Buffon qui en a parlé un des premiers avec quelque détail; mais avant de les exposer je rappellerai plusieurs principes d'optique qui ont la liaison la plus intime avec le sujet que je traite.

2. Un rayon de lumière solaire est composé d'un nombre in-

déterminé de rayons diversement colorés : et parce qu'il est impossible de distinguer chacun d'eux en particulier, et d'un autre côté par la raison qu'ils ne diffèrent pas tous également les uns des autres, on les a distribués en groupes auxquels on a donné les noms de *rayons rouges, de rayons orangés, de rayons jaunes, de rayons verts, de rayons bleus, de rayons indigos, de rayons violets.* Mais il ne faut pas croire que tous les rayons qui sont compris dans un même groupe, par exemple dans celui des rayons rouges, soient identiques par la couleur. On les considère généralement au contraire comme pouvant différer plus ou moins les uns des autres, quoique en définitive on reconnaisse que la sensation qu'ils produisent séparément en nous rentre dans celle que nous attribuons au rouge.

3. Lorsque la lumière est réfléchie par un corps opaque blanc, elle n'éprouve pas de modification dans la proportion des divers rayons colorés qui la constituent lumière blanche. Si ce corps n'est pas poli, chaque point de sa surface doit être considéré comme rayonnant en tous sens la lumière qui y tombe; et s'il est poli, il se produit une réflexion régulière ou spéculaire; mais dans ce cas comme dans le premier, il y a une certaine quantité de lumière qui est réfléchie irrégulièrement ou en tous sens.

4. Lorsque la lumière est réfléchie par un corps opaque coloré, il y a toujours, 1° réflexion de lumière blanche; 2° réflexion de lumière colorée : celle-ci est due à ce que le corps absorbe ou éteint dans son intérieur un certain nombre de rayons colorés et qu'il en réfléchit d'autres. Il est évident que les rayons réfléchis sont d'une autre couleur que les rayons éteints, et en outre que si on réunissait ceux-ci avec les premiers, on reproduirait de la lumière blanche. C'est cette rela-

tion mutuelle qu'ont des rayons colorés de réformer de la lumière blanche par leur mélange, qui a fait dire que les uns sont *complémentaires* des autres. Il est évident encore que les corps opaques colorés réfléchissent la lumière blanche et la lumière colorée à la fois régulièrement et irrégulièrement, ou seulement irrégulièrement, suivant qu'ils sont polis ou qu'ils ne le sont pas.

5. Ce serait une erreur de croire qu'un corps rouge, qu'un corps jaune, ne réfléchit outre la lumière blanche, que des rayons rouges, que des rayons jaunes, chacun de ces corps réfléchit en outre toutes sortes de rayons colorés; mais les rayons qui nous le font juger rouge ou jaune étant en plus grand nombre que les autres, produisent plus d'effet que ceux-ci, cependant ces derniers ont une influence incontestable pour modifier l'action des rayons rouges, des rayons jaunes sur l'organe de la vue, c'est ce qui explique ces innombrables différences de couleur qu'on remarque entre les divers corps rouges, les divers corps jaunes, etc., etc.

6. Je vais exposer dans un premier paragraphe,

1° La manière d'observer les phénomènes qui font l'objet de ce mémoire;

2° La loi de ces phénomènes et la formule qui les représente;

3° L'application de la loi à un certain nombre d'entre eux;

4° L'effet des couleurs sur le blanc et réciproquement;

5° L'effet des couleurs sur le noir et réciproquement;

6° L'influence de la nature chimique des corps colorés sur les phénomènes observés;

7° L'influence réciproque des différentes sortes de couleurs appartenant à un même groupe;

8° L'interprétation des phénomènes dans l'hypothèse où le rouge, le jaune, le bleu sont des couleurs simples, et l'orangé, le vert, l'indigo et le violet sont des couleurs composées;

9° Le rapport de mes observations avec les observations faites antérieurement sur les couleurs accidentelles.

10° La cause physiologique à laquelle on rapporte l'explication des couleurs accidentelles.

J'exposerai dans un second paragraphe quelques applications des observations précédentes.

§ Ier.

Article Ier.

Manière d'observer les phénomènes qui font l'objet de ce mémoire.

7. Si on regarde à la fois deux zones étroites différemment colorées et placées l'une à côté de l'autre, les couleurs éprouvent presque toujours des modifications plus ou moins grandes. Voici une manière bien simple de se convaincre de cette proposition.

8. On prend deux bandes O′ et O (fig. 1re) d'une même couleur et identiques, deux bandes P et P′ d'une autre couleur et identiques. Elles doivent avoir $0^m,012$ de largeur et $0^m,060$ de longueur. On peut les faire avec des étoffes ou des papiers, ou bien encore avec des rubans de la largeur que je viens d'indiquer. On fixe avec de la gomme sur une carte la bande

O′; à la distance de $0^{m},001$ on fixe O; et ensuite la bande P de manière qu'elle touche O; enfin à $0^{m},001$ de P on fixe P′.

9. Maintenant si on regarde la carte dans un certain sens et pendant quelques secondes, on verra presque toujours quatre bandes différemment colorées. Bien entendu que les bandes O′ et P′ servent de termes de comparaison pour juger des modifications que O et P éprouvent par leur juxta position.

10. Je donne dix-sept observations pour exemples.

Couleurs mises en expériences.		*Modifications.*
Rouge	tire sur	le violet.
Orangé.....	—	le jaune.
Rouge	—	le violet ou est moins jaune.
Jaune	—	le vert ou est moins rouge.
Rouge	—	le jaune.
Bleu	—	le vert.
Rouge	—	le jaune.
Indigo	—	le bleu.
Rouge	—	le jaune.
Violet.....	—	l'indigo.
Orangé.....	—	le rouge.
Jaune	—	le vert brillant ou est moins rouge.
Orangé.....	—	le rouge.
Vert.....	—	le bleu.
Orangé.....	—	le jaune ou est moins brun.
Indigo	—	le bleu ou est plus franc.
Orangé.....	—	le jaune ou est moins brun.
Violet.....	—	l'indigo.
Jaune	—	l'orangé brillant.
Vert	—	le bleu.
Jaune	—	l'orangé.
Bleu	—	l'indigo.

Couleurs mises en expérience.		*Modifications.*
Vert	tire sur	le jaune.
Bleu	—	l'indigo.
Vert	—	le jaune.
Indigo	—	le violet.
Vert	—	le jaune.
Violet	—	le rouge.
Bleu	—	le vert.
Indigo	—	le violet foncé.
Bleu	—	le vert.
Violet	—	le rouge.
Indigo	—	le bleu.
Violet	—	le rouge.

11. Avant d'aller plus loin, j'insisterai sur une des observations les plus importantes de ce Mémoire c'est *que les modifications mutuelles des couleurs ne sont pas bornées au cas où les zones colorées qui se modifient, sont contigues l'une à l'autre, car on les aperçoit encore lorsque ces zones sont séparées.* Pour s'en convaincre il suffit de faire l'expérience suivante, prenez deux bandes d'un même papier bleu O, O′ (fig. 2), deux bandes d'un même papier vert P, P′. Le bleu et le vert doivent être à la même hauteur de ton. Ces bandes doivent avoir $0^m,10$ de longueur et $0^m,02$ de largeur. Fixez-les parallèlement les unes aux autres de manière que O soit à $0^m,055$ de P et O′ à $0^m,035$ de O et enfin P′ à $0^m,035$ de P. Placez vous ensuite à six pas du carton et vous verrez les couleurs modifiées, O sera d'un bleu moins vert que O′, et P sera d'un vert plus jaune que P′.

J'aurai plusieurs fois l'occasion de revenir sur ce fait remarquable.

Article II.

Loi des phénomènes précédents et formule qui les représente.

12. Après m'être assuré que les phénomènes précédents étaient constants pour ma vue, lorsqu'elle n'était pas fatiguée, et que plusieurs personnes habituées à juger des couleurs, les voyaient comme moi, je cherchai à les ramener à une expression assez générale pour qu'on put prevoir l'effet que produirait sur l'organe de la vue la juxta position de deux couleurs données. Tous les phénomènes que jai observés me semblent dépendre d'une loi très-simple, qui dans le sens le plus général peut être énoncée en ces termes, *dans le cas où l'œil voit en même temps deux couleurs qui se touchent, il les voit les plus dissemblables possibles.*

13. D'après ce que j'ai dit des couleurs complémentaires, il est évident que la couleur de la bande O (fig. 1) différera le plus possible de celle de la bande P, lorsque la couleur complémentaire de P s'ajoutera à la couleur de O ; de même la couleur de P différera le plus possible de la couleur de O, lorsque la couleur complémentaire de O s'ajoutera à la couleur de P. Conséquemment pour savoir ce que deux couleurs O et P deviendront par leur juxta position, il suffira de chercher la complémentaire de P pour l'ajouter à la couleur O, et la couleur complémentaire de O pour l'ajouter à la couleur P.

14. On obtiendrait encore un résultat analogue en retrandre O la couleur P, et de P la couleur O.

15. En effet représentons ;

La couleur de la bande O, par couleur a, plus blanc B;
La couleur de la bande P, par couleur a', plus blanc B';
La couleur complémentaire de a par c;
La couleur complémentaire de a' par c';

D'après la première manière de voir (13), les couleurs des deux bandes vues séparément seront,

$$\text{Couleur de O} = a + \text{B}$$
$$\text{Couleur de P} = a' + \text{B}',$$

elles deviendront par la juxta position,

$$\text{Couleur de O} = a + \text{B} + c'$$
$$\text{Couleur de P} = a' + \text{B}' + c.$$

D'après la seconde manière de voir (14), on suppose

$$\text{B réduit en deux portions} = \begin{cases} \text{blanc} = b \\ + \text{blanc} = (a' + c') \end{cases}$$
$$\text{B' réduit en deux portions} = \begin{cases} \text{blanc} = b' \\ + \text{blanc} = (a + c). \end{cases}$$

Les couleurs des deux bandes vues séparément seront,

$$\text{Couleur de O} = a + b + a' + c'$$
$$\text{Couleur de P} = a' + b' + a + c,$$

elles deviendront par la juxta position,

$$\text{Couleur de } o = a + b + c'$$
$$\text{Couleur de } p = a' + b' + c.$$

Les résultats sont les mêmes, sauf qu'il y a moins de blanc dans ce cas que dans l'autre.

Article III.

Application de la loi aux dix-sept observations de l'article I^er^.

Orangé et vert.

16. Le bleu *(complémentaire de l'orangé)* en s'ajoutant au vert, le fait tirer sur le bleu ou le rend moins jaune.

Le rouge *(complémentaire du vert)* en s'ajoutant à l'orangé le fait tirer sur le rouge ou le rend moins jaune.

Orangé et indigo.

17. Le bleu *(complémentaire de l'orangé)* en s'ajoutant à l'indigo le fait tirer sur le bleu ou le rend moins rouge.

Le jaune tirant sur l'orangé *(complémentaire de l'indigo)* en s'ajoutant à l'orangé le fait tirer sur le jaune ou le rend moins rouge.

Orangé et violet.

18. Le bleu *(complémentaire de l'orangé)* en s'ajoutant au violet le fait tirer sur l'indigo.

Le jaune tirant sur le vert *(complémentaire du violet)* en s'ajoutant à l'orangé le fait tirer sur le jaune.

Vert et indigo.

19. Le rouge *(complémentaire du vert)* en s'ajoutant à l'indigo le rend plus violet ou plus rouge.

Le jaune tirant sur l'orangé *(complémentaire de l'indigo)* en s'ajoutant au vert le fait tirer sur le jaune.

Vert et violet.

20. Le rouge *(complémentaire du vert)* en s'ajoutant au violet lui donne plus de rouge.

Le jaune tirant sur le vert *(complémentaire du violet)* en s'ajoutant au vert le fait tirer sur le jaune.

Orangé et rouge.

21. Le bleu *(complémentaire de l'orangé)* en s'ajoutant au rouge le fait tirer sur le violet.

Le vert *(complémentaire du rouge)* fait tirer l'orangé sur le jaune.

Violet et rouge.

22. Le jaune tirant sur le vert *(complémentaire du violet)* en s'ajoutant au rouge le fait tirer sur l'orangé.

Le vert *(complémentaire du rouge)* fait tirer le violet sur l'indigo.

Indigo et rouge.

23. Le jaune tirant sur l'orangé *(complémentaire de l'indigo)* en s'ajoutant au rouge le fait tirer sur l'orangé.

Le vert *(complémentaire du rouge)* fait tirer l'indigo sur le bleu.

Orangé et jaune.

24. Le bleu *(complémentaire de l'orangé)* en s'ajoutant au jaune le fait tirer sur le vert.

L'indigo tirant sur le violet *(complémentaire du jaune)* fait tirer l'orangé sur le rouge.

Vert et jaune.

25. Le rouge *(complémentaire du vert)* en s'ajoutant au jaune le fait tirer sur l'orangé.

L'indigo tirant sur le violet *(complémentaire du jaune)*, en s'ajoutant au vert le fait tirer sur le bleu.

Vert et bleu.

26. Le rouge *(complémentaire du vert)* en s'ajoutant au bleu le fait tirer sur l'indigo.

L'orangé *(complémentaire du bleu)* en s'ajoutant au vert le fait tirer sur le jaune.

Violet et bleu.

27. Le jaune tirant sur le vert *(complémentaire du violet)* en s'ajoutant au bleu le fait tirer sur le vert.

L'orangé *(complémentaire du bleu)* en s'ajoutant au violet le fait tirer sur le rouge.

Indigo et bleu.

28. Le jaune tirant sur l'orangé *(complémentaire de l'indigo)* en s'ajoutant au bleu le fait tirer sur le vert.

L'orangé *(complémentaire du bleu)* en s'ajoutant à l'indigo le fait tirer sur le violet.

Rouge et jaune.

29. Le vert *(complémentaire du rouge)* en s'ajoutant au jaune le fait tirer sur le vert.

L'indigo tirant sur le violet *(complémentaire du jaune)* en s'ajoutant au rouge le fait tirer sur le violet.

Rouge et bleu.

30. Le vert *(complémentaire du rouge)* en s'ajoutant au bleu le fait tirer sur le vert.

L'orangé *(complémentaire du bleu)* en s'ajoutant au rouge le fait tirer sur l'orangé.

Jaune et bleu.

31. L'indigo tirant sur le violet *(complémentaire du jaune)* en s'ajoutant au bleu le fait tirer sur l'indigo.

L'orangé *(complémentaire du bleu)* en s'ajoutant au jaune le fait tirer sur l'orangé.

Indigo et violet.

32. Le jaune tirant sur l'orangé *(complémentaire de l'indigo)* en s'ajoutant au violet le fait tirer sur le rouge.

Le jaune tirant sur le vert *(complémentaire du violet)* en s'ajoutant à l'indigo le fait tirer sur le bleu.

33. Il est évident que, toutes choses égales d'ailleurs, les modifications des couleurs juxtaposées, seront d'autant plus marquées, que la couleur complémentaire (*c* ou *c'*) qui s'ajoute à chacune d'elles en différera davantage : car que la complémentaire *c'* qui s'ajoute à la couleur O, lui soit identique, comme le sera la complémentaire *c* qui s'ajoute à la couleur P, et les modifications de O et de P se borneront à une simple augmentation d'intensité de couleur. Mais connaît-on aujourd'hui deux corps colorés qui soient dans le cas de présenter à l'observateur deux couleurs parfaitement pures et complémentaires l'une de l'autre ? non assurément ; tous ceux que nous voyons colorés par réflexion, nous renvoient comme je l'ai dit (5) outre de la lumière blanche un grand nombre de rayons diversement colorés. On ne peut donc indiquer maintenant *un corps rouge et un corps vert*, ou *un corps orangé et un corps bleu*, ou *un corps d'un jaune tirant sur l'orangé et un corps indigo*, ou enfin un *corps jaune tirant sur le vert et un corps violet*, qui réfléchissent des couleurs pures et absolument complémentaires l'une de l'autre, de sorte que la juxtaposition de ces corps ne ferait éprouver à leurs couleurs respectives *qu'une simple augmentation d'intensité*. D'après cela, s'il est moins facile, en général, de vérifier la loi de contraste sur des *corps rouges et verts*, sur *des corps orangés et bleus*, etc. qu'il ne l'est de la vérifier sur ceux qui ont été l'objet des dix-sept observations rapportées plus haut (10), cependant en cherchant à le faire sur les premiers, vous verrez que leurs couleurs acquerront un éclat, une vivacité et une pureté des plus remarquables, et ce résultat parfaitement conforme à la loi est aisé à concevoir : par exemple un objet de couleur orangée réfléchit des rayons bleus,

comme un objet de couleur bleue réfléchit des rayons orangés (5). Dès-lors quand vous mettez en rapport une bande bleue avec une bande orangée, soit que l'on admette que la première reçoit du bleu du voisinage de la seconde, comme celle-ci reçoit de l'orangé du voisinage de la bande bleue (13), soit que l'on admette que la bande bleue détruit l'effet des rayons bleus de la seconde bande, comme celle-ci détruit l'effet des rayons orangés de la bande bleue (14), il est évident que les couleurs des deux objets juxtaposés doivent s'épurer l'une par l'autre et devenir plus vives. Mais il peut arriver que le bleu paraisse tirer sur le vert ou le violet et l'orangé sur le jaune ou le rouge, c'est-à-dire, que la modification ne porte pas seulement sur l'intensité de la couleur, mais encore sur sa composition physique : quoi qu'il en soit, si ce dernier effet a lieu, il est toujours incontestablement bien plus faible que le premier, et il y a plus, c'est qu'en regardant un certain nombre de fois les mêmes bandes colorées, vous pourrez observer que le bleu qui vous avait paru d'abord plus vert paraîtra ensuite plus violet, et que l'orangé qui avait paru d'abord plus jaune paraîtra plus rouge, de sorte que le phénomène de modification portant sur la composition physique de la couleur, n'aura point la constance de ceux qui font le sujet des dix-sept observations précédentes (10).

Je vais, au reste, exposer les remarques que j'ai faites sur des corps dont les couleurs s'approchaient le plus d'être complémentaires l'une de l'autre.

Rouge et vert.

34. Le rouge *(complémentaire du vert)* en s'ajoutant au rouge en augmente l'intensité.

Le vert *(complémentaire du rouge)* en s'ajoutant au vert en augmente l'intensité.

Tel est le résultat théorique.

Le résultat expérimental y est conforme en général lorsqu'on juxtapose un vert tirant sur le jaune avec :

1° *Un rouge orangé,*
2° *Un rouge cramoisi,*
3° *Un rouge intermédiaire.*

Mais en répétant un certain nombre de fois les observations sur chacun de ces assemblages de couleurs, on pourra remarquer des résultats différents, c'est-à-dire, que dans un cas le rouge paraîtra plus orangé et le vert plus jaune, et dans un autre le rouge paraîtra plus violet et le vert plus bleu, et l'on remarquera en outre que le changement pourra être attribué tantôt à une différence dans l'intensité de la lumière qui éclaire les couleurs et tantôt à une fatigue de l'œil.

Lorsqu'on juxtapose un vert moins jaune ou plus bleu avec :

1° *Un rouge orangé,*
2° *Un rouge cramoisi,*
3° *Un rouge intermédiaire,*

les résultats sont les mêmes qu'avec le premier vert, avec cette différence toutefois que dans l'assemblage du vert bleuâtre et du rouge cramoisi observés un certain nombre de fois, le vert et le rouge paraissent presque constamment plus jaune qu'il ne le sont séparément, résultat facile à concevoir.

Orangé et bleu.

35. Le bleu *(complémentaire de l'orangé)* en s'ajoutant au bleu lui donne plus d'intensité.

L'orangé *(complémentaire du bleu)* en s'ajoutant à l'orangé lui donne plus d'intensité.

En répétant les observations avec un bleu foncé et un orangé qui ne soit pas trop rouge, les deux couleurs paraissent le plus souvent prendre du rouge, autrement on pourrait observer le contraire.

Jaune tirant sur l'orangé et indigo.

36. Le jaune tirant sur l'orangé *(complémentaire de l'indigo)* en s'ajoutant au jaune tirant sur l'orangé lui donne plus d'intensité.

L'indigo *(complémentaire du jaune tirant sur l'orangé)* en s'ajoutant à l'indigo lui donne plus d'intensité.

Le résultat de l'observation est presque toujours conforme au résultat théorique.

Jaune tirant sur le vert et violet.

37. Le jaune tirant sur le vert *(complémentaire du violet)* en s'ajoutant au jaune tirant sur le vert lui donne plus d'intensité.

Le violet *(complémentaire du jaune tirant sur le vert)* en s'ajoutant au violet lui donne plus d'intensité.

Le résultat de l'observation est presque toujours conforme à la loi.

Article IV.

De l'effet des couleurs sur le blanc et réciproquement.

38. Si la loi que j'ai établie précédemment est exacte, on conçoit que le blanc lui-même sera affecté de la présence des

couleurs ; et en effet si vous mettez une couleur *o* en rapport avec du blanc, celui-ci paraîtra légèrement coloré par la complémentaire de *o*, mais j'avoue que la couleur est trop faible pour être déterminée avec une certitude complète. Je me suis donc contenté de voir si la complémentaire de la couleur mise en expérience correspondait avec la teinte que mon œil observait sur la bande blanche qui était opposée à la bande colorée.

Rouge et blanc.

39. Le vert *(complémentaire du rouge)* s'ajoute au blanc.

Le rouge paraît plus brillant et plus foncé.

Orangé et blanc.

40. Le bleu *(complémentaire de l'orangé)* s'ajoute au blanc.

L'orangé paraît plus brillant et plus foncé.

Jaune tirant sur le vert et blanc.

41. Le violet *(complémentaire du jaune, tirant sur le vert)* s'ajoute au blanc.

Le jaune paraît plus brillant et plus foncé.

Vert et blanc.

42. Le rouge *(complémentaire du vert)* s'ajoute au blanc.

Le vert paraît plus brillant, plus foncé.

Bleu et blanc.

43. L'orangé *(complémentaire du bleu)* s'ajoute au blanc.

Le bleu paraît plus brillant, plus foncé et plus vert peut être.

Indigo et blanc.

44. Le jaune tirant sur l'orangé *(complémentaire de l'indigo)* s'ajoute au blanc.

L'indigo paraît plus brillant, plus foncé.

Violet et blanc.

45. Le jaune tirant sur le vert *(complémentaire du violet)* s'ajoute au blanc.

Le violet paraît plus brillant et plus foncé.

Noir et blanc.

46. Le noir et le blanc, qui peuvent être considérés en quelque sorte comme complémentaires l'un de l'autre, deviennent, conformément à la loi plus différents que s'ils étaient vus séparément, et cela résulte de ce que l'effet de la lumière blanche réfléchi par le noir est détruit plus ou moins par la lumière de la bande blanche. C'est par une action analogue que le blanc rehausse le ton des couleurs avec lesquelles il est juxtaposé.

Article V.

De l'effet des couleurs sur le noir et réciproquement.

47. Les phénomènes que présente le noir, lorsqu'il reçoit l'influence des couleurs, me paraissent dus à ce que la couleur avec laquelle il se trouve, agit relativement à l'œil sur la lumière blanche réfléchie par la surface noire, comme elle le ferait si elle était mise en rapport avec une surface blanche. D'après cela le noir doit se teindre de la complémentaire de la couleur qui le touche, et la teinte qu'il prend, n'étant pas affaiblie par autant de lumière blanche que dans le cas où la couleur est contiguë au blanc, doit être plus sensible. D'un autre côté parce que le blanc rehausse le ton des couleurs que l'on met en rapport avec lui, par la raison contraire le noir tend à les rendre plus claires. Quant au ton du noir, il doit dépendre 1° de la couleur qui s'y ajoute ; par exemple, du rouge orangé, du jaune orangé, du vert jaune devront

l'éclaircir, tandis que de l'indigo, s'il ne le rehausse pas, ne devra pas l'abaisser comme le feront les précédents; 2° de l'éclat ou de la vivacité de la couleur juxtaposée : des couleurs vives comme l'orangé, le jaune, tendront par leur éclat à rehausser le noir, tandis que des couleurs sombres comme le bleu, l'indigo, ne produiront pas le même effet.

Rouge et noir.

48. Le vert *(complémentaire du rouge)* s'ajoute au noir. Le noir paraît moins rougeâtre.

Le rouge paraît plus brillant, moins orangé ou moins brun.

Orangé et noir.

49. Le bleu *(complémentaire de l'orangé)* s'ajoute au noir. Le noir paraît moins roux ou plus bleu.

L'orangé paraît plus brillant et plus jaune ou moins brun.

Jaune tirant sur le vert et noir.

50. Le violet *(complémentaire du jaune tirant sur le vert)* s'ajoute au noir. Le noir paraît violâtre.

Le jaune paraît plus brillant et plus verdâtre ou plus clair.

Vert et noir.

51. Le rouge *(complémentaire du vert)* s'ajoute au noir. Le noir paraît plus violâtre ou rougeâtre.

Le vert tire faiblement sur le jaune.

Bleu et noir.

52. L'orangé *(complémentaire du bleu)* s'ajoute au noir. Le noir s'éclaircit.

Le bleu tire faiblement sur le vert.

Indigo et noir.

53. Le jaune tirant sur l'orangé *(complémentaire de l'indigo)* s'ajoute au noir et l'éclaircit beaucoup.

L'indigo s'éclaircit.

Violet et noir.

54. Le jaune tirant sur le vert *(complémentaire du violet)* s'ajoute au noir et l'éclaircit.

Le violet est plus brillant, plus clair, plus rouge.

Article VI.

De l'influence de la nature chimique des corps colorés sur les phénomènes observés.

55. Il s'agit d'examiner l'influence que la nature chimique des corps colorés que l'on juxtapose, peut avoir sur leurs modifications réciproques. Le résultat auquel je suis arrivé est que toutes les modifications précédentes ont été observées, quelle que fût la nature chimique des matières colorées juxtaposées, en supposant toutefois que les matières colorées que l'on substituait les unes aux autres fussent identiques par leur couleur.

EXEMPLES.

En se servant de bleu d'indigo, au lieu de bleu de Prusse, d'outremer, les résultats étaient constants; ils l'étaient lorsqu'on substituait des bandes colorées en orangé avec du minium, à des bandes colorées avec du rocou, ou avec du jaune de gaude rougi soit par la garance soit par la cochenille.

Article VII.

De l'influence réciproque des différentes espèces de couleurs appartenant à un même groupe de couleurs.

56. Toutes les fois qu'il y a une grande différence produite par le fait de la juxtaposition de deux couleurs, la diffé-

rence est appréciable en opérant avec une même couleur que l'on met successivement en présence de couleurs diverses appartenant à un même groupe. Exemples :

1. *Rouge et orangé.*

57. Vous pouvez mettre un rouge écarlate, un rouge cramoisi avec de l'orangé, sans cesser d'observer que le rouge prend du pourpre et l'orangé du jaune.

2. *Rouge et violet.*

58. Résultats analogues avec le rouge écarlate et le rouge cramoisi, mis en présence du violet. Celui-ci paraît toujours plus bleu et le rouge plus jaune ou moins pourpre.

59. Ces observations expliquent très-bien pourquoi on obtient des résultats conformes à la formule quoiqu'on fasse usage de rubans ou de papiers qui sont loin de présenter à l'œil des couleurs bien franches.

60. La juxtaposition de bandes colorées est un moyen de démontrer combien il est difficile de fixer des types de couleurs; en effet :

1° Prenez du rouge, mettez-le en rapport avec un rouge orangé, le premier paraîtra pourpre et le second plus jaune, comme je viens de le dire; mais si vous mettez le premier rouge en rapport avec un rouge pourpre, celui-ci paraîtra plus bleuâtre, et l'autre plus jaune ou orangé, de sorte que le même rouge sera pourpre dans un cas et orangé dans l'autre.

2° Prenez du jaune, mettez-le en rapport avec un jaune orangé, il paraîtra verdâtre et le second plus rouge; mais si vous mettez le premier jaune en rapport avec un jaune verdâtre, celui-ci paraîtra plus vert et l'autre plus orangé, de

sorte que le même jaune tirera sur le vert dans un cas et sur l'orangé dans l'autre.

3° Prenez du bleu, mettez-le en rapport avec un bleu verdâtre, le premier tirera sur le violet et le second paraîtra plus jaune. Mettez le même bleu en rapport avec un bleu violet, le premier tirera sur le vert et le second paraîtra plus rouge, de sorte que le même bleu sera violeté dans un cas et verdâtre dans un autre.

61. On voit d'après cela que les couleurs que les peintres appellent simples, le rouge, le jaune et le bleu, passent insensiblement par le fait de la juxtaposition à l'état de couleurs composées, puisque alors le même rouge est pourpre ou orangé, le même jaune est orangé ou vert, et le même bleu est vert ou violet.

Article VIII.

De l'interprétation des phénomènes dans l'hypothèse où le rouge, le jaune, le bleu sont des couleurs simples, et l'orangé, le vert, l'indigo et le violet sont des couleurs composées.

62. Les expériences auxquelles je viens d'appliquer le principe de la modification que les couleurs éprouvent par leur juxtaposition, et l'explication qui en résulte d'après la manière dont on considère la composition de la lumière blanche en physique, s'expliquent clairement aussi dans le langage des peintres et des teinturiers qui n'admettent que trois couleurs primitives, le rouge, le jaune et le bleu ; et comme il pourrait se rencontrer des personnes qui, en partageant cette opinion, désireraient cependant se rendre compte des phénomènes résultant de la juxtaposition des couleurs, je vais les expli-

quer en me conformant à leur langage, et pour plus de clarté je ferai cinq groupes en commençant par ceux qui comprennent les observations auxquelles la loi précédente est d'une application plus facile. Je supposerai donc que l'orangé est formé de rouge et de jaune, le vert de jaune et de bleu, et que l'indigo et le violet le sont de bleu et de rouge.

1^er^ GROUPE. — *Deux couleurs composées ayant une couleur simple pour élément commun.*

Il est bien aisé de vérifier la loi, quand on regarde deux couleurs qui font partie de ce groupe : on voit que par leur influence réciproque elles perdent plus ou moins de la couleur qui leur est commune, il est évident que c'est en en perdant qu'elles doivent s'éloigner le plus l'une de l'autre.

1. *Orangé et vert.*

Ces deux couleurs ayant le jaune pour élément commun, en perdent par la juxtaposition; *l'orangé paraît donc plus rouge et le vert plus bleu.*

2. *Orangé et indigo.*

Ces deux couleurs ayant le rouge pour élément commun, en perdent par la juxtaposition; *l'orangé paraît donc plus jaune et l'indigo plus bleu.*

3. *Orangé et violet.*

Comme les précédents.

4. *Vert et indigo.*

Ces deux couleurs ayant le bleu pour élément commun, en perdent par la juxtaposition; *le vert paraît donc plus jaune et l'indigo plus rouge.*

5. *Vert et violet.*

Comme les précédents.

2e GROUPE. — *Une couleur composée et une couleur simple qui se trouve dans la couleur composée.*

1. *Orangé et rouge.*

L'orangé perd du rouge et paraît plus jaune; et le rouge doit prendre du bleu pour différer le plus possible de l'orangé.

2. *Violet et rouge.*

Le violet perd du rouge et paraît plus bleu; le rouge doit prendre du jaune pour différer le plus possible du violet.

3. *Indigo et rouge.*

Comme les précédents.

4. *Orangé et jaune.*

L'orangé perd du jaune et paraît plus rouge; le jaune doit prendre du bleu pour différer le plus possible de l'orangé.

5. *Vert et jaune.*

Le vert perd du jaune et paraît plus bleu; le jaune doit prendre du rouge pour différer le plus possible du vert.

6. *Vert et bleu.*

Le vert perd du bleu et paraît plus jaune; le bleu doit prendre du rouge pour différer le plus possible du vert.

7. *Violet et bleu.*

Le violet perd du bleu et paraît plus rouge; le bleu doit prendre du jaune pour différer le plus possible du violet.

8. *Indigo et bleu.*

Comme les deux précédents.

3e GROUPE. — *Deux couleurs simples.*

1. *Rouge et jaune.*

Le rouge en perdant du jaune doit paraître plus bleu, et le jaune en perdant du rouge doit paraître plus bleu, ou en

d'autres termes, *le rouge tire sur le pourpre et le jaune sur le vert.*

2. *Rouge et bleu.*

Le rouge en perdant du bleu doit paraître plus jaune, et le bleu en perdant du rouge doit paraître plus jaune, ou en d'autres termes, *le rouge tire sur l'orangé et le bleu sur le vert.*

3. *Jaune et bleu.*

Le jaune en perdant du bleu doit paraître plus rouge, et le bleu en perdant du jaune doit paraître plus violet, ou en d'autres termes, *le jaune tire sur l'orangé et le bleu sur le violet.*

4e GROUPE. *Deux couleurs composées dont les couleurs simples sont les mêmes.*

Indigo et violet.

L'indigo ne différant du violet que parce qu'il contient proportionnellement au rouge plus de bleu que n'en contient le second, il s'ensuit que la différence sera la plus grande possible, lorsque l'indigo perdant du rouge tendra au bleu verdâtre, tandis que le violet prenant du rouge tendra vers cette couleur. Il est clair que si le violet perdait du rouge ou si l'indigo prenait du rouge, les deux couleurs se rapprocheraient; mais comme elles s'éloignent l'une de l'autre, c'est le premier effet qui a lieu.

On peut encore se rendre compte du phénomène précédent, en considérant l'indigo relativement au violet, comme du bleu; dès-lors il doit perdre du bleu qui est commun aux deux couleurs et tendre au vert.

5e GROUPE. *Une couleur composée et une couleur simple qui ne se trouve pas dans la couleur composée.*

Dans l'hypothèse où l'on considère l'orangé, le vert, l'indigo et le violet, comme des couleurs composées, et le rouge, le jaune et le bleu comme des couleurs simples, il en résulte nécessairement qu'en mettant une des quatre couleurs composées (supposée d'ailleurs parfaitement exempte de toute couleur étrangère aux deux couleurs élémentaires qui la constituent) en rapport avec une des trois couleurs simples qui n'entrent pas dans sa composition, on ne voit pas de raison pour que la couleur composée perde une de ses couleurs plutôt que l'autre, et pour que la couleur simple s'éloigne plutôt d'une des couleurs élémentaires que de l'autre. Par exemple, en mettant du vert en rapport avec du rouge, on ne voit pas de raison pour que le vert passe au bleu plutôt qu'au jaune, et pour que le rouge tire sur ce bleu plutôt que sur le jaune.

ARTICLE IX.

Du rapport de mes observations avec celles faites antérieurement par d'autres physiciens.

63. Buffon (1) est le premier qui ait décrit sous le nom de *couleurs accidentelles*, plusieurs phénomènes de vision, qui, selon lui, ont tous entre eux cette analogie *qu'ils résultent d'un trop grand ébranlement ou d'une fatigue de l'œil;* en quoi ils diffèrent des couleurs sous lesquelles nous apparaissent les

(1) Mémoires de l'Académie des sciences, année 1743.

corps qui sont colorés d'une manière constante (1), soit que ces corps décomposent la lumière en agissant sur elle par *réflexion*, soit qu'ils la décomposent en agissant par *réfraction* ou par *inflexion*.

64. Les couleurs accidentelles peuvent naître de causes diverses; par exemple, on en voit dans les circonstances suivantes :

1° Lorsqu'on se presse l'œil dans l'obscurité;

2° A la suite d'un choc sur l'œil;

3° Lorsqu'on ferme les yeux après les avoir fixés un instant sur le soleil;

4° Lorsqu'on fixe les yeux sur un petit carré de papier coloré placé sur un fond blanc; alors le carré s'il est rouge paraît bordé d'un vert faible, s'il est jaune il paraît l'être de bleu, s'il est vert il paraît l'être de blanc pourpré, s'il est bleu il paraît l'être de blanc rougeâtre; enfin s'il est noir d'un blanc vif.

5° Lorsqu'après avoir observé les phénomènes précédents un temps suffisant, on porte les yeux sur le fond blanc de manière à ne plus voir le petit carré de papier coloré, on aperçoit un carré d'une étendue égale à celui-ci et de la même couleur que celle qui bordait le petit carré dans l'expérience précédente (4°).

65. Je pourrais citer encore d'autres circonstances où se produisent *des couleurs accidentelles*, si je ne craignais de trop m'écarter du but de mon Mémoire qui a pour objet principal de faire connaître *la loi qui régit les modifications que des*

---

(1) Il faut ajouter : *lorsqu'on les regarde isolément.*

corps différemment colorés éprouvent mutuellement par leur juxtaposition lorsqu'on les voit simultanément; mais il y a un point auquel je donnerai une attention toute particulière avant d'aller plus loin; c'est la distinction des deux circonstances 4 et 5 où Buffon a observé des couleurs accidentelles.

66. J'espère prouver par les détails dans lesquels je vais entrer, que faute de cette distinction un des sujets de l'optique les plus féconds en applications n'a point été traité en général avec cette précision et cette clarté qui eussent été nécessaires pour en faire sentir l'importance à ceux qui ne l'ayant pas soumis à leur propre observation, se sont bornés à lire les écrits dont il a été l'objet. Enfin cette distinction est nécessaire pour qu'on puisse apprécier ce que mes recherches ajoutent de faits nouveaux à l'histoire de la vision. Je désignerai par la dénomination de *contraste simultané* la modification que deux objets diversement colorés éprouvent dans leur couleur et la hauteur de leur ton, quand on les voit simultanément; par opposition, j'appellerai *contraste successif* les phénomènes qu'on observe lorsque les yeux ayant regardé pendant un certain temps un ou plusieurs objets colorés, aperçoivent, après avoir cessé de les regarder, des images qui offrent la couleur complémentaire de celle qui est propre à chacun de ces objets. Il est superflu sans doute de faire remarquer que la quatrième circonstance, dont il a été question plus haut, se rapporte au *contraste simultané,* tandis que la cinquième se rapporte au *contraste successif.* Je reviens aux principaux travaux qui ont été entrepris sur les couleurs accidentelles.

67. Le P. Scherffer, en 1754, donna une grande précision aux phénomènes qui se rapportent au *contraste successif,* en

démontrant qu'une couleur donnée produit une couleur accidentelle qui est celle que nous nommons aujourd'hui sa *complémentaire*, et il rectifia par cette loi quelques observations de Buffon. Il ne s'en tint pas là, il chercha à expliquer la cause du phénomène, ainsi que je le dirai plus particulièrement dans l'article suivant. Il ne toucha d'ailleurs qu'en passant au *contraste simultané.* (Voyez son Mémoire, § XV, Journal de Physique, t. 26.)

68. Æpinus (1) et Darwin (2) se sont occupés aussi du *contraste successif.*

69. Le contraste simultané a été pour le comte de Rumford un objet d'expériences et d'observations (3) sur lesquelles je dois insister, parce que parmi les recherches que l'on a faites à ce sujet, il n'en est aucune qui ait plus de rapport avec les miennes. Le comte de Rumford après avoir observé qu'une ombre produite dans un rayon de lumière colorée étant éclairée par un rayon de lumière blanche égal au premier en intensité, paraissait non pas blanche mais teinte en la couleur complémentaire du rayon coloré, lorsqu'elle était près d'une ombre égale produite dans le rayon blanc, cette dernière ombre étant éclairée par le rayon rouge et paraissant de cette couleur, démontra:

1° Que le résultat est le même lorsqu'on remplace le rayon de lumière colorée, soit par la lumière transmise par un

---

(1) Mémoires de l'Académie de Pétersbourg, et Journal de Physique, année 1785, tome XXVI, page 291.

(2) Transactions philosophiques, tome LXXVI, année 1785.

(3) Expériences sur les ombres colorées; conjectures sur les principes de l'harmonie des couleurs. Philosophical papers, etc., by Rumford. London, 1802, tome I^er^.

verre ou tout autre milieu coloré, soit par la lumière colorée réfléchie par un corps opaque coloré.

2° Que si dans un cercle de papier blanc placé sur une grande feuille de papier noir, laquelle est posée sur le parquet d'une chambre, on juxtapose deux bandes de papier de six lignes de largeur et de deux pouces de longueur, dont l'une est couverte d'une poudre de couleur A, tandis que l'autre est couverte d'une poudre grise composée de céruse et de noir de fumée dans une telle proportion que la lumière réfléchie par cette poudre est égale en intensité à la lumière colorée de A, il arrivera, en regardant les deux bandes d'un œil à travers la main, que celle qui est recouverte de poudre grise paraîtra teinte de la couleur complémentaire de A, et cette complémentaire sera aussi brillante que A.

L'auteur dit que pour réussir dans cette expérience il faut prendre beaucoup de précautions tant pour se garantir de la lumière réfléchie par les objets environnants que pour parvenir à se procurer un gris qui réfléchisse une lumière égale en intensité à la lumière colorée. Il remarque que les difficultés sont extrêmes lorsqu'on prend des couleurs broyées à l'huile, par la raison que l'huile rembrunit ces couleurs, et que celles-ci n'ont jamais le degré de pureté des couleurs du spectre.

7o. S'il est vrai que les expériences de Rumford correspondent à celles où j'ai mis des couleurs en rapport avec le noir et le blanc, et qu'elles sont un cas particulier de la loi de contraste telle que je l'ai établie, il ne l'est pas moins que cette loi ne pouvait s'en déduire sans faire la série d'expériences auxquelles je me suis livré. Car les expériences de Rumford étant le maximum du phénomène, on ne pouvait affirmer que dans

les circonstances ordinaires, il y aurait non-seulement modification du blanc et du noir par des couleurs juxtaposées, mais encore modification de ces dernières. En effet nous avons vu que les couleurs mises en rapport avec le blanc se foncent, tandis qu'elles s'affaiblissent lorsqu'elles sont mises en rapport avec le noir, le contraste tel que je l'ai établi portant à la fois sur la couleur et sur la hauteur du ton de la couleur.

71. Rumford frappé de voir dans ses expériences un rayon coloré développer sa complémentaire, établit *en principe* que *pour que deux couleurs soient en harmonie il faut qu'elles présentent toutes les deux les proportions respectives de lumières colorées nécessaires pour former du blanc.* Et c'est d'après cela qu'il conseille d'assortir les rubans destinés à la toilette des dames, et les couleurs des ameublements. Il pense aussi que les peintres peuvent tirer un grand parti de sa connaissance. Mais il est clair que le principe de l'harmonie des couleurs de Rumford, n'est qu'une vue ingénieuse de son esprit, et que, tel que l'auteur l'a posé, il est bien difficile qu'il puisse jeter quelque lumière sur la pratique de la peinture. Au reste, je reviendrai sur ce point en traitant des applications de mon travail. Mais ce qu'il m'importait de faire remarquer, c'est que Rumford n'a pas fait *une expérience* qui démontre l'influence de deux couleurs juxtaposées, ou plus généralement de deux couleurs vues simultanément.

72. Enfin le dernier auteur qui ait traité des couleurs accidentelles comme observateur, est M. Prieur, de la Côte-d'Or (1). Il s'est occupé, sous le nom de *contrastes*, des phé-

(1) Annales de chimie, tom. LIV, p. 5.

nomènes qui se rapportent exclusivement au *contraste simultané :* par exemple, une petite bande de papier orangé mise sur un fond jaune paraît rouge, tandis qu'elle paraît rouge sur un fond jaune : d'après le principe posé par l'auteur, la couleur accidentelle de la petite bande doit être celle qui résulte de la sienne propre moins celle du fond. *Il semble,* dit-il, *qu'une certaine fatigue de l'œil, soit instantanément par le rapport d'intensité de la lumière, soit plus tardivement par une vision prolongée, concoure à produire les apparences dont il s'agit.* Mais il reconnaît qu'*une fatigue excessive de l'organe amènerait une dégénération des couleurs appartenant à un autre mode.* Il ajoute afin que *les couleurs nommées par Buffon accidentelles, et sur lesquelles Scherffer a donné un intéressant mémoire, appartiennent à la classe des contrastes ou du moins suivent constamment la même loi.* Il est visible que M. Prieur n'a point fait la distinction des deux sortes de contrastes que j'ai établie plus haut.

73. Haüy dans son Traité de physique, a présenté un résumé des observations de Buffon, de Scherffer, de Rumford et de M. Prieur; mais malgré la clarté du style de l'illustre fondateur de la cristallographie, il y a une obscurité qui tient à ce qu'il n'a pas fait la distinction précédente, et cette obscurité est surtout évidente lorsqu'il rapporte les explications que l'on a données de ces phénomènes.

74. D'après ce qui précède, on voit :

1° Que les auteurs qui ont traité du contraste des couleurs ont décrit deux genres de phénomènes sans les distinguer l'un de l'autre.

2° Que le P. Scherffer a donné la loi du contraste successif.

3° Que le comte de Rumford a donné la loi de la modifi-

cation qu'une bande grise placée contre une bande colorée éprouve dans une circonstance particulière.

4° Que le P. Scherffer d'abord, et ensuite M. Prieur de la Côte-d'Or avec plus de précision, ont donné la loi de la modification qu'une petite étendue blanche ou colorée éprouve de la part d'un fond d'une autre couleur sur lequel elle est placée.

75. Mais s'il est vrai que dans cette circonstance on aperçoive la modification que la couleur de la petite étendue est susceptible de recevoir de celle du fond, de la manière la plus sensible possible, on ne peut apprécier d'un autre côté la modification de la couleur du fond par celle de la petite étendue; dès-lors on ne voit que la moitié des phénomènes, et l'on est conduit à tort à penser qu'un objet coloré ne peut être modifié par la couleur d'un autre qu'autant que celui-ci est beaucoup plus étendu que le premier. La manière dont j'ai disposé les objets colorés dans mes observations de contraste simultané m'a permis de démontrer,

1° Qu'il n'est pas indispensable, pour que la couleur d'un objet modifie celle d'un autre, que le premier objet soit plus étendu que le second, puisque mes observations ont été faites sur des bandes égales et simplement contiguës.

2° Que l'on peut juger parfaitement des modifications que les bandes contiguës éprouvent en les comparant à celles qui ne se touchent pas, ce qui permet de voir le phénomène de contraste simultané d'une manière complète, et d'en établir *la loi générale*.

3° Qu'en augmentant le nombre des bandes qui ne se touchent pas ou qui sont placées de chaque côté de celles qui se touchent, on voit, quand on est placé à une distance conve-

nable pour que l'œil embrasse les deux séries de bandes, que l'influence de l'une des bandes contiguës n'est pas limitée à la bande qu'elle touche, mais qu'elle s'étend encore à la seconde, à la troisième, etc., quoique cela soit toujours en s'affaiblissant. *Or cette influence à distance doit être remarquée* pour qu'on ait une idée juste de la généralité du phénomène.

Article X.

De la cause physiologique à laquelle on rapporte l'explication du contraste des couleurs.

76. Le P. Scherffer a donné du contraste successif une explication physiologique qui paraît satisfaisante. Elle est basée sur cette proposition, que *si un sens reçoit une double impression dont une est vive et forte, mais dont l'autre est faible, nous ne sentons point celle-ci. Cela doit avoir lieu principalement quand elles sont toutes deux d'une même espèce, ou quand une action forte d'un objet sur quelque sens* est suivie *d'une autre de même nature mais beaucoup plus douce et moins violente.* Appliquons ce principe à l'explication des trois expériences suivantes de contraste successif.

1re *Expérience.*

L'œil regarde quelque temps un petit carré blanc placé sur un fond noir.

Cessant de le regarder, il se fixe sur le fond noir, il aperçoit alors l'image d'un carré d'une étendue égale à celle du carré blanc, mais au lieu d'être plus lumineux que le fond, il est au contraire plus obscur.

Explication. La partie de la rétine sur laquelle a agi la lumière blanche du carré dans le premier temps de l'expérience, est plus fatiguée que le reste de la rétine qui n'a reçu qu'une faible impression de la part des faibles rayons réfléchis par le fond noir; dès-lors l'œil regardant le fond noir dans le second temps de l'expérience, il arrive que la faible lumière de ce fond agit plus fortement sur la partie de la rétine qui n'a pas été fatiguée que sur la partie qui l'a été, de là l'image du carré noir que voit cette partie.

2^e^ *Expérience.*

L'œil regarde quelque temps un petit carré bleu sur un fond blanc.

Cessant de le regarder, il se fixe sur le fond blanc, il aperçoit alors l'image d'un carré orangé.

Explication. La partie de la rétine sur laquelle a agi la lumière bleue du carré dans le premier temps, étant plus fatiguée par cette couleur que le reste de la rétine, il arrive dans le second temps que la partie de la rétine fatiguée du bleu est disposée par là à recevoir une impression plus forte de l'orangé complémentaire du bleu.

3^e^ *Expérience.*

L'œil regarde quelque temps un carré rouge sur un fond jaune.

Cessant de le regarder, il se fixe sur un fond blanc, il aperçoit l'image d'un carré vert sur un fond bleu violet.

Explication. Dans le premier temps, la partie de la rétine qui voit le rouge est fatiguée par cette couleur, tandis que

celle qui voit le jaune l'est par cette dernière; dès-lors dans le second temps la partie de la rétine qui a vu le rouge voit le vert sa complémentaire, tandis que celle qui a vu le jaune voit le bleu violet sa complémentaire.

77. Ces trois expériences ainsi que les explications qui s'y rapportent, prises dans le Mémoire du P. Scherffer, pour ainsi dire au hasard parmi un grand nombre d'autres qui y sont analogues, suffisent je crois pour démontrer que c'est bien réellement le *contraste successif* qui a occupé spécialement cet ingénieux observateur. D'après cela on a lieu de s'étonner que Haüy en voulant faire connaître l'explication du P. Scherffer ait parlé exclusivement d'un cas du *contraste simultané*, phénomène dont ce physicien n'a traité qu'en passant, ainsi que je l'ai fait remarquer plus haut 67 : au reste, voici la manière dont Haüy s'exprime à ce sujet, en prenant pour exemple le cas où une petite bande de papier blanc est placée sur un papier rouge. « Nous pou-« vons, dit-il, considérer le blancheur de cette bande comme « étant composée de vert bleuâtre et de rouge. Mais la sen-« sation de la couleur rouge agissant avec beaucoup moins « de force que celle de la couleur environnante du même « genre, se trouve éclipsée par cette dernière, en sorte que « l'œil n'est sensible qu'à l'impression de la couleur verte, « qui étant comme étrangère à la couleur du fond, agit sur « l'organe avec toute son énergie (1). »

78. Quoique cette explication semble une conséquence toute naturelle du principe du P. Scherffer, cependant ce physicien ne me paraît point avoir appliqué ce principe à l'ex-

(1) Traité de physique, 3e édition, tom. II, pag. 272.

plication du *contraste simultané*, et le passage de son mémoire, cité plus haut (76), est bien clair. « Cela doit avoir lieu « principalement quand elles (les impressions) sont toutes « deux d'une même espèce, ou quand une action forte d'un « objet sur quelque sens est *suivie* d'une autre de même na- « ture, mais beaucoup plus douce et moins violente. »

79. Maintenant voyons la différence qu'il y a entre l'explication du *contraste successif* telle que le P. Scherffer l'a donnée, et celle que Haüy lui a attribuée pour le cas du *contraste simultané*. Toutes les observations de contraste successif expliquées par le P. Scherffer, présentent ce résultat que la partie de la rétine qui dans le premier temps de l'expérience est frappée d'une couleur donnée, voit dans le second temps la complémentaire de cette couleur, et cette nouvelle vision est indépendante de l'étendue de l'objet coloré relativement à celle du fond sur lequel il est placé, ou plus généralement des objets qui peuvent entourer le premier.

80. Dans l'explication que Haüy attribue au P. Scherffer, il n'en est pas de même. En effet,

1° La partie de la rétine qui voit la bande blanche placée sur un fond rouge, la voit d'un vert bleuâtre, c'est-à-dire, de la couleur complémentaire du fond. Or d'après les expériences du P. Scherffer, cette partie fatiguée par de la lumière blanche a *de la tendance à voir non du vert bleuâtre mais du noir* qui est en quelque sorte la complémentaire du blanc.

2° Pour admettre l'explication attribuée au P. Scherffer, il faudrait nécessairement que l'objet dont la couleur est modifiée par celle d'un autre, fût en général d'une étendue plus petite que celle du second, car ce n'est que par cet excès d'étendue du modificateur qu'on peut concevoir *en général*

cet excès d'action qui neutralise une partie de celle du premier objet; je dis en général, parce qu'il est des cas où l'on pourrait dire qu'une couleur beaucoup plus vive qu'une autre serait susceptible de modifier celle-ci quoiqu'elle n'occupât autour d'elle qu'un petit espace. En nous résumant, on voit la différence qu'il y a entre l'explication que le P. Scherffer a donnée du *contraste successif* et celle qu'on lui a attribuée pour le contraste simultané.

81. Si nous reprenons cette dernière explication pour en examiner la valeur, non plus dans les circonstances rapportées par les auteurs où une petite bande vue sur un fond paraît seule modifiée, mais dans celles où deux bandes d'égale étendue sont mutuellement modifiées, et le sont non-seulement quand elles se touchent, mais encore à distance ainsi que cela résulte de mes observations, nous pourrons apprécier la difficulté qu'elle présente : en effet, 1° supposons que la fig. 3 représente l'image peinte sur la rétine d'une bande rouge *r*, contiguë à une bande bleue *b*, la première prend du jaune ou perd du bleu, et la seconde prend du jaune ou perd du rouge. Or c'est la partie de la rétine où se peint l'image de la bande *r*, qui doit perdre de sa sensibilité pour le rouge, comme c'est la partie de la rétine où se peint l'image de la bande *b* qui doit perdre de sa sensibilité pour le bleu; dès-lors je n'aperçois pas comment c'est la partie *r*, qui dans la réalité perd de sa sensibilité pour le bleu, comme c'est la partie *b* qui perd de sa sensibilité pour le rouge.

2° Dans mes expériences les bandes colorées ayant une étendue égale, on ne voit plus de raison en général comme on peut en voir dans le cas où une petite bande est placée sur

un fond d'une grande étendue, pour que l'une des bandes modifie l'autre par la plus grande fatigue qu'elle fait éprouver à la rétine.

82. C'est sans doute parce que l'illustre auteur de la Mécanique céleste fut frappé des difficultés que présentait l'explication que nous examinons, qu'il en imagina une autre que Haüy inséra dans son Traité de physique à la suite de celle qu'il attribue au P. Scherffer; il s'agit toujours du cas où une petite bande de papier blanc est placée sur un fond rouge. L'illustre géomètre suppose « qu'il existe dans l'œil, dit Haüy (1), « une certaine disposition en vertu de laquelle les rayons rou- « ges compris dans la blancheur de la petite bande, au moment « où ils arrivent à cet organe sont comme attirés par ceux « qui forment la couleur rouge prédominante du fond, en « sorte que les deux impressions n'en font plus qu'une, et « que celle de la couleur verte se trouve en liberté d'agir « comme si elle était seule. Suivant cette manière de conce- « voir les choses, la sensation du rouge décompose celle de « la blancheur, et tandis que les actions des rayons homo- « gènes s'unissent ensemble, l'action des rayons hétérogènes « qui se trouve dégagée de la combinaison produit son effet « séparément. »

83. Je ne combattrai cette explication qu'en faisant remarquer qu'elle admet implicitement comme une nécessité que la couleur qui modifie occupe une étendue plus grande que la couleur qui est modifiée : il est probable qu'elle n'eût point été donnée si on eût présenté à son illustre auteur la véritable explication du P. Scherffer du contraste successif, et qu'au lieu de lui citer une expérience de contraste simultané qui

(1) Traité de physique, 3e édition, tome II, page 272.

ne permet de voir que la moitié du phénomène, on lui en eût cité une dans laquelle ce sont des surfaces différemment colorées et d'égale étendue qui se modifient mutuellement lors même qu'elles ne se touchent pas.

84. Après avoir fait sentir l'insuffisance des explications qu'on a données du *contraste simultané,* il me reste à parler des rapports qui me paraissent exister entre l'organe de la vision et ce phénomène observé dans les circonstances où je l'ai étudié. Tous les auteurs qui ont traité des couleurs accidentelles s'accordent à les regarder comme étant le résultat d'une fatigue de l'œil : si c'est incontestable pour le *contraste successif,* je ne pense pas que cela le soit pour le *contraste simultané,* car en disposant des bandes colorées comme je l'ai fait, dès qu'on est parvenu à les voir toutes les quatre ensemble, les couleurs sont vues modifiées avant qu'on éprouve la moindre fatigue, quoique je reconnaisse qu'il faut souvent quelques secondes pour bien apercevoir leurs modifications. Mais ce *temps* n'est-il pas nécessaire, comme l'est celui qu'on donne à l'exercice de chacun de nos sens lorsque nous voulons nous rendre un compte exact de la perception d'une sensation qui les affecte ? Il y a d'ailleurs une circonstance qui explique dans bien des cas la nécessité de ce *temps.* C'est l'influence de la lumière blanche réfléchie par la surface modifiée qui est quelquefois assez vive pour affaiblir beaucoup le résultat de la modification, et la plupart des précautions que l'on a proposées pour apercevoir les couleurs accidentelles du contraste simultané, ont pour objet de diminuer l'influence de cette lumière blanche. C'est encore pour cette raison que les surfaces grises et noires qui sont contiguës à des surfaces de couleurs très-franches, telles que le bleu, le rouge, le jaune, sont modifiées par ce voisinage plus que ne le serait une surface

blanche. Voici, au reste, une expérience que le hasard m'a présentée, et qui fera bien comprendre ma pensée. Une écriture d'un gris pâle qui avait été tracée sur un papier de couleur, me fut remise lorsque le jour commençait à baisser : en jetant les yeux dessus, je ne pus distinguer aucune lettre, mais après quelques instants je parvins à lire l'écriture qui me parut alors avoir été tracée avec une encre de la couleur complémentaire de celle du fond. Or, je demande si dans ce moment où la vision était distincte, ma vue était plus fatiguée que dans celui où je jetai les yeux sur le papier sans qu'il me fût possible de distinguer les lettres qui s'y trouvaient, et de les voir de la couleur complémentaire du fond?

85. Je conclus, en définitive de mes observations, que toutes les fois que l'œil voit simultanément deux objets différemment colorés, ce qu'il y a d'analogue dans la sensation des deux couleurs éprouve un tel affaiblissement, que ce qu'il y a de différent devient plus sensible dans l'impression simultanée de ces deux couleurs sur la rétine.

§ II.

Applications.

86. Il suffit d'avoir énoncé les observations précédentes et la loi qui leur donne une si grande simplification en les généralisant, pour que le lecteur pressente toutes les applications dont elles sont susceptibles, soit qu'il s'agisse d'assortir des objets colorés pour produire un effet déterminé, soit qu'il s'agisse de juger des couleurs d'étoffes teintes relativement à leur effet sur l'œil et sans avoir égard à leur solidité. Obligé de me borner à quelques exemples, je citerai les suivants.

ARTICLE I^er.

Applications à l'art du tapissier.

1^re APPLICATION. — ASSORTIR DES FILS COLORÉS POUR IMITER LES COULEURS D'UN TABLEAU.

1^er *Exemple.*

87. Un peintre a fait dans un tableau deux bandes colorées l'une en rouge et l'autre en bleu; elles se touchent, de sorte que le phénomène du contraste des deux couleurs juxtaposées aurait eu lieu, s'il n'avait soutenu par du bleu le rouge voisin de la bande bleue, et si dans celle-ci il n'avait soutenu par du rouge ou du violet le bleu voisin de la bande rouge.

88. Un tapissier veut imiter les deux bandes dont nous parlons: s'il ignore la loi du contraste des couleurs, il ne manquera pas, après avoir choisi des laines ou des soies convenables pour imiter le modèle qu'il a sous les yeux, de faire deux bandes qui présenteront le phénomène du contraste, par la raison qu'il aura choisi des laines ou des soies d'un seul bleu et d'un seul rouge, pour imiter des bandes que le peintre n'est parvenu à faire de deux couleurs, dont chacune est homogène à l'œil dans toute son étendue, que par un artifice qu'on ne peut deviner lorsqu'on ignore la loi du contraste.

89. Supposons que le peintre, au lieu d'avoir fait les deux bandes de couleurs homogènes à l'œil, les ait faites avec du rouge et du bleu non mélangés sur les bords contigus, les couleurs contrasteront certainement. Si le tapissier ignore la loi de ce phénomène, il ne manquera pas pour imiter son mo-

dèle, de mêler du jaune ou de l'orangé à son rouge, et du jaune ou du vert à son bleu dans les parties des bandes qui se touchent, et dès-lors l'effet du contraste sera plus ou moins exagéré, puisqu'on aurait obtenu l'effet du tableau en travaillant des couleurs homogènes.

2^e^ Exemple.

90. Qu'un papier ab, fig. 4, divisé en 10 zones égales, reçoive d'abord une teinte uniforme d'une couleur quelconque, par exemple une teinte d'encre de la Chine; que les zones 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 en reçoivent une seconde également uniforme; que les zones 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 en reçoivent une troisième et ainsi de suite, on aura 10 zones de plus en plus foncées en partant de la première. Mais le phénomène remarquable, c'est que chaque zone présentera au moins deux nuances, à cause du contraste produit par contiguité; par exemple en commençant par la première, le bord bb de cette zone contigu au bord $a'a'$ de la zone 2, paraîtra plus clair que le bord aa, dès-lors on devra distinguer deux nuances dans la zone 1, et ainsi des autres. Mais il est possible qu'on distingue un plus grand nombre, surtout dans les zones intermédiaires 2.....9, si elles ont une largeur suffisante; par la raison que leurs bords $a'a'$, $a''a''$..... étant plus clairs, et les bords $b'b'$, $b''b''$ plus foncés que ne l'est le ton de chaque zone, à cause du contraste, le milieu des zones moins affecté que leurs bords doit présenter une troisième teinte. Mais il est clair que les trois teintes, ou les deux teintes, s'il n'y en a que deux, que chaque zone présente, ne sont pas brusquement terminées, mais fondues l'une dans l'autre.

91. Supposons qu'un tapissier copie le modèle que nous ve-

nons de composer, s'il ignore l'effet du contraste des zones contiguës, il en exagérera l'effet dans sa tapisserie, parce qu'au lieu de n'employer que 10 nuances d'une même couleur, il en emploiera au moins vingt.

92. Ces exemples font connaître mieux que tous les raisonnements, la différence fondamentale qu'il y a entre l'emploi des couleurs en peinture, et l'emploi des couleurs en tapisserie. Le peintre peut ignorer jusqu'à un certain point la loi du *contraste simultané*, parce que s'il produit un effet dépendant de ce phénomène dont il ne soit pas satisfait, il a sur sa palette le moyen de le détruire ou de l'augmenter. Le tapissier n'a pas cette ressource; il ne peut revenir sur les couleurs qu'il a placées qu'en défaisant son ouvrage : conséquemment pour éviter cet inconvénient, il doit connaître assez bien la loi du contraste pour juger de l'effet que les fils colorés qu'il emploie à imiter une certaine partie de son modèle, recevront des couleurs voisines, autrement il lui sera impossible de reproduire fidèlement le tableau qu'il a sous les yeux.

2e APPLICATION. — TRAVAIL DU NOIR AVEC LE BLEU, LE VIOLET.

93. Les observations de l'article V, § 1, apprennent au tapissier, qu'il est des couleurs comme le jaune, l'orangé, qu'on peut travailler avec le noir sans en affaiblir l'intensité; tandis qu'il en est d'autres comme le bleu, l'indigo, le violet, qui en lui donnant une couleur jaunâtre, verdâtre ou olivâtre, produisent l'effet contraire. Par conséquent lorsqu'on veut faire des ombres dans des draperies bleues

ou violettes, il faut éviter de faire contraster le bleu ou le violet avec le noir; et l'on peut y parvenir de plusieurs manières que je ne peux indiquer ici.

Article II.

Appplications à l'art d'imprimer des dessins sur des étoffes colorées ou sur des papiers peints, et des encres de couleur sur des papiers colorés.

94. Dans ces applications, je fais abstraction de l'action chimique qu'il peut y avoir entre la matière des étoffes colorées ou du papier peint, et celle des substances colorantes qu'on imprime dessus; je me borne à l'effet optique.

95. Plusieurs personnes ayant donné à imprimer des étoffes de laine pour meubles et pour manteaux de femme, ont eu des contestations avec l'imprimeur au sujet des dessins qui n'étaient point de la couleur qu'elles avaient demandée. Appelé comme arbitre dans plusieurs affaires de ce genre, je me suis assuré que les plaintes avaient pour cause les effets du contraste de la couleur des dessins avec celle du fond, et que si l'imprimeur était répréhensible, ce n'était pas d'avoir imprimé une autre couleur que celle qu'on voulait, mais bien de n'avoir pas prévenu de l'effet qui résulterait du contraste des couleurs dont l'une servirait de fond à l'autre.

Exemples.

1. Lorsqu'on imprime des dessins noirs sur des fonds rouges, cramoisis, amarantes, ils paraissent verts, la couleur verte complémentaire du fond s'ajoutant au noir (48).

2. Par la même raison, le noir imprimé sur des étoffes violettes ou d'un vert foncé, perd toute sa vigueur.

96. Le moyen que j'ai employé pour démontrer, dans les cas où j'ai été appelé à prononcer comme arbitre, que les dessins qui ne paraissaient pas noirs l'étaient réellement, est bien simple, il consiste à découper un morceau de papier blanc de manière qu'il couvre le fond et ne laisse voir que le dessin.

97. Des difficultés analogues ont eu lieu dans des fabriques de papiers peints où l'on avait demandé des dessins d'un gris légèrement jaunâtre sur un fond vert. Ces dessins qui étaient bien réellement gris, une fois imprimés parurent roses à cause de la couleur complémentaire du fond. S'ils eussent été sur un fond rose, ils auraient paru verts toujours par la même raison.

98. Enfin lorsqu'on veut imprimer des caractères d'écriture sur du papier de couleur, la règle à suivre est que la couleur du fond soit complémentaire de celle de l'encre. Ainsi sur un papier jaune il faut de l'encre violette, et sur un papier violet de l'encre jaune; sur un papier vert il faut de l'encre rouge, et sur un papier rouge de l'encre verte; sur un papier bleu il faut de l'encre orangée, et sur un papier orangé de l'encre bleue.

Article III.

Applications à l'assortiment des étoffes au bois des meubles.

99. Parmi les nombreuses applications de la loi du contraste simultané à l'art du tapissier décorateur, il en est une que je prendrai pour exemple parce qu'elle est souvent négligée;

je veux parler de l'assortiment des étoffes aux bois de luxe destinés pour meubles, tels que fauteuils, canapés, etc. Le principe à suivre pour faire l'assortiment du plus bel effet est de choisir *des étoffes violettes ou bleues pour les bois jaunes comme ceux de citron, de racine de frêne; des étoffes vertes ou jaunes pour les bois rouges comme celui d'acajou.* Il faut donc que la couleur de l'étoffe soit aussi différente que possible de celle qu'on recherche dans le bois.

100. Beaucoup de personnes préfèrent à cause de la stabilité à la lumière, le cramoisi à toute autre couleur, même sur l'acajou. Si cet assortiment est contraire au principe, il y a cependant des moyens d'en diminuer le mauvais effet; c'est d'éviter la contiguité du cramoisi avec l'acajou au moyen d'une large bordure verte ou noire, soit en galon, soit imprimée. Le tapissier borde souvent encore le cramoisi soit avec un galon d'or qu'il fixe avec des clous dorés, soit avec un galon de soie jaune; si ces bordures n'ont pas l'avantage d'être complémentaires, elles ont un brillant qui plaît à beaucoup de personnes. Mais il est un assortiment qu'on ne doit jamais faire, c'est celui des étoffes d'un rouge-jaune tel qu'écarlate, couleur de feu, nacarat, avec l'acajou; car leur vivacité est telle qu'elles enlèvent à ce bois la couleur rouge qui le fait rechercher, de sorte qu'alors il ressemble à du chêne ou à du noyer.

Article IV.

Applications à la peinture des tableaux en général et à celle des modèles de tapisseries et de tapis en particulier.

101. Il y a, comme tout le monde sait, deux systèmes de peinture, le système des *teintes plates* et celui du *clair obscur*. Dans le premier les couleurs ne sont pas nuancées, ni fondues les unes dans les autres, ni modifiées par des reflets comme elles le sont dans le second. La perspective est réduite, dans les tableaux à teintes plates, à l'observation de la perspective linéaire, à l'emploi des couleurs vives dans les premiers plans et à celui des couleurs pâles ou grises dans les derniers. Si le choix des couleurs contiguës a été fait conformément à la loi du contraste simultané, l'effet de la couleur sera plus grand que si l'on eût peint d'après le système du clair-obscur. Lors donc qu'on admire la beauté des couleurs de ces peintures *à teintes plates* qui viennent de la Chine, il faut, si on veut les comparer aux nôtres, tenir compte du système qu'on a suivi, autrement on porterait un jugement faux en comparant des tableaux exécutés d'après des systèmes différents.

102. Si le système des teintes plates est le plus favorable à la vivacité des couleurs, c'est un motif pour que le peintre qui suit le système du clair-obscur, se pénètre bien des ressources que lui offre l'application de la loi du contraste simultané. Il doit multiplier, autant que son sujet le comporte, les draperies de diverses couleurs; s'il ne le peut pas, il doit en

faire ressortir la couleur par des reflets bien choisis et habilement ménagés: par exemple, des reflets verts ou jaunes font ressortir une draperie bleue; des reflets jaunes ou orangés font ressortir une draperie pourpre ou violette; des reflets pourpres font ressortir une draperie écarlate. Pour faire ressortir la fraîcheur des carnations, il évitera le contact de draperies jaunes ou orangées, ainsi que les fonds de cette couleur. Il évitera la faute des peintres décorateurs qui emploient le rose ou un amarante léger pour faire le fond des loges d'une salle de spectacle, puisque ces couleurs ont le grave inconvénient de donner à la peau une teinte verdâtre.

103. Avant de parler des qualités que les modèles de tapisserie doivent avoir pour que les ouvrages qu'on exécutera d'après eux, approchent autant que possible de la perfection, il faut fixer ce qu'il y a de spécial dans l'imitation qui est propre à ce genre de travail. Le tapissier imite les objets avec des fils colorés d'un diamètre fini. Ces fils appliqués autour des fils de la chaîne, offrent aux regards une surface qui n'est point unie, mais creusée de sillons dont les uns parallèles à la chaîne sont plus profonds que les autres qui y sont perpendiculaires; l'effet de ces sillons revient à celui que produirait sur un tableau un système de lignes obscures qui se couperaient à angle droit. Il y a donc ces différences entre une tapisserie et un tableau, 1° que celle-là ne présente jamais ces couleurs fondues que le peintre obtient si aisément en mélangeant ou divisant ses couleurs à l'infini au moyen d'un excipient liquide plus ou moins visqueux; 2° que la symétrie et l'uniformité des sillons de la tapisserie s'opposent à ce que les lumières soient aussi vives et les ombres aussi vigoureuses qu'elles le sont dans un ta-

bleau ; car si les sillons obscurcissent les clairs, les parties saillantes des fils qui sont dans les ombres ont l'inconvénient d'affaiblir celles-ci par la lumière qu'elles réfléchissent. Ajoutons que le peintre a encore des ressources pour augmenter la vivacité des lumières et la vigueur des ombres, qui manquent tout-à-fait au tapissier : par exemple, il oppose des couleurs empâtées opaques à des couleurs glacées. Il modifie un objet d'une couleur uniforme en faisant varier l'épaisseur de la couche de peinture qu'il met sur la toile, ainsi que la direction des coups de pinceau. S'il était possible de faire de la mosaïque avec des éléments aussi déliés et aussi serrés que le sont les fils des tapisseries des Gobelins, un pareil ouvrage se placerait entre le tableau peint à l'huile et la tapisserie ; il ressemblerait à celle-ci parce qu'il résulterait de la juxtaposition d'éléments colorés d'une étendue appréciable, et il se rapprocherait du tableau par une surface unie et rendue brillante au moyen du poli ; en outre l'opposition d'éléments opaques et d'éléments vitreux rappellerait celle des couleurs opaques et des couleurs glacées de la peinture à l'huile.

104. De cet état de choses, je conclus que pour élever autant que possible la tapisserie près de la peinture, il faut 1° qu'elle représente des objets d'une telle grandeur que le point où le spectateur doit être placé pour les bien voir, ne permette pas de distinguer les éléments colorés les uns des autres, ainsi que les sillons qui les séparent ; 2° que les couleurs soient les plus vives et les plus contrastées possibles.

105. Il est clair maintenant que pour des modèles de tapisserie, il ne suffira pas d'un dessin correct, de formes élégantes, mais qu'il faudra de grands objets, des figures plutôt dra-

pées que nues, des vêtements chargés d'ornements plutôt que simples et unis; enfin des couleurs variées aussi franches et aussi contrastées que possible.

106. Quoique les règles qui viennent d'être tracées soient applicables en beaucoup de points aux modèles de tapisserie pour meuble, façon de Beauvais, et aux modèles pour tapis, cependant il n'est pas inutile de faire quelques remarques relatives au choix des couleurs, au nombre des tons d'une même gamme que l'on peut employer, et au choix des sujets qu'on veut représenter.

107. Dans les modèles de tapisserie pour meubles, on néglige trop souvent l'opposition des fonds avec la couleur dominante des sujets qu'on y place; par exemple, s'agit-il d'un fond cramoisi orné d'une guirlande de fleurs, il faut que les fleurs bleues, jaunes, blanches en composent la plus grande partie; si on y place des fleurs rouges, celles-ci doivent tirer sur l'orangé plutôt que sur le pourpre; enfin des feuilles vertes contiguës au fond concourent à la beauté de l'ensemble. S'il s'agit d'un fond verdâtre ou feuille morte, les fleurs roses et rouges doivent au contraire dominer sur les autres.

108. Dans un modèle de tapis façon de la Savonnerie, la grandeur des ornements doit être en proportion avec son étendue; en outre il faut avoir égard aux parties qui seront cachées par des meubles, afin de satisfaire à cette condition qu'un trophée ou tout autre objet composé de diverses parties distinctes sous le rapport du dessin et de la couleur, se présente au spectateur dans son ensemble lorsque le tapis sera en place. Dans un grand tapis, des contrastes multipliés entre les diverses masses de couleurs sont indispensables à l'effet. Dans un tapis de médiocre grandeur, il ne faut pas

de grands trophées, de grands ornements, des parties trop étendues d'une couleur uniforme. Dans un tapis de petite dimension, il faut préférer les dessins des tapis de l'Orient à tout sujet qui rappellerait trop *le tableau :* et c'est le cas de remarquer combien les palmes, les zones droites ou ondulées, les dessins points de Hongrie, où le jaune est opposé au violet, l'orangé au bleu, le rouge au vert, etc. produisent d'effet.

109. Enfin pour des modèles de tapisseries et de tapis où l'on ne veut point atteindre à l'effet des tapisseries pour meubles de Beauvais et à celui des tapis de la Savonnerie, des gammes composées seulement de quatre ou cinq tons seront bien suffisantes pour produire encore de très-beaux effets, quand les choix des couleurs contiguës auront été faits avec discernement.

Article V.

Applications aux vitraux colorés des grandes églises gothiques.

110. Examinons d'après les idées précédentes ce que sont les verres colorés, lorsqu'ils concourent si puissamment avec l'architecture pour donner aux vastes églises gothiques l'harmonie que ne peuvent méconnaître tous ceux qui y pénètrent, après avoir admiré la variété et la hardiesse de leurs ornements extérieurs, et qui mettent ces monuments au nombre des objets de l'art qui frappent le plus par la grandeur, par la subordination de leurs différentes parties, et enfin par le rapport intime qu'ils ont avec leur destination. Les vitraux de couleur des églises gothiques en interceptant

la lumière blanche qui donnerait un jour trop vif, et moins propre au recueillement que ne l'est la lumière colorée qu'ils transmettent, ont cependant le plus bel éclat. Si on en recherche les causes, on les trouvera non-seulement dans le contraste de leurs couleurs si heureusement opposées, mais encore dans le contraste même de leur transparence avec l'opacité des murs qui les entourent et des plombs qui les joignent les uns aux autres. Les impressions produites sur l'œil, en vertu de cette double cause, sont d'autant plus vives qu'on les ressent et plus souvent et plus long-temps chaque fois.

111. Les fenêtres de l'église gothique sont en général ou circulaires ou cintrées du haut et à côtés verticaux. Les vitraux des premières représentent ordinairement de grandes rosaces où le jaune, le violet, le bleu, l'orangé, le rouge et le vert semblent jaillir des pierres fines les plus précieuses. Les vitraux des secondes représentent presque toujours, au milieu d'une bordure ou d'un fond analogue aux vitraux-rosaces, une figure de saint en parfaite harmonie avec celles qui se détachent en relief autour des portails de l'édifice, et ces dernières figures pour être appréciées à leur valeur doivent être jugées comme *parties d'un ensemble* et non comme une statue grecque qui est destinée à être vue isolément de tous les côtés.

112. Les verres qui composent les diverses parties d'une figure humaine sont de deux sortes : *les uns ont été peints sur leurs faces* avec des préparations qu'on a ensuite vitrifiées ; *les autres ont été fondus avec la matière même qui les colore :* en général les premiers entrent dans la composition des parties nues de la figure, comme le visage, les mains, les

pieds; et les seconds entrent dans celle des draperies; tous ces verres sont réunis par des bandes de plomb. Ce qui m'a frappé dans les vitraux à figure humaine du plus bel effet, c'est l'observation exacte des rapports de la grandeur des figures et de l'intensité de la lumière qui les rend visibles, avec la distance où le spectateur est placé; distance telle que les lames de plomb qui circonscrivent chaque pièce de verre, ne paraissent plus qu'une ligne ou une zone noire de peu de largeur.

113. Il n'est pas nécessaire pour l'effet de l'ensemble que les *verres peints*, vus de près, présentent des hachures fines, un pointillé soigné, des teintes fondues, car ils doivent composer avec les verres colorés pour draperies, un système qui se rapporte à la peinture à teintes plates: et certes on ne peut douter qu'une peinture sur verre exécutée complètement d'après le système du clair-obscur, aurait ce désavantage sur l'autre, sans parler du prix de l'exécution, que le fini des détails disparaîtrait tout-à-fait à la distance où se trouve placé le spectateur, et que la vision de l'ensemble serait moins distincte; *or la première condition que doit remplir tout objet d'art destiné à parler aux yeux, est qu'il s'y présente sans confusion et le plus distinctement possible.* Ajoutons que des peintures sur verre exécutées d'après la méthode du clair-obscur, ne se prêtent point à recevoir ces bordures ou ces fonds à vitraux-rosaces (111) qui sont d'un si bel effet de couleur; qu'elles ont moins d'éclat, de limpidité que les verres dans lesquels la matière colorante a été incorporée au moyen de la liquéfaction ignée (112), et enfin quelles sont moins susceptibles de résister aux injures du temps.

114. La variété des couleurs dans les vitraux est si nécessaire

pour qu'ils produisent le plus grand effet possible, que ceux qui représentent des figures entièrement nues, des édifices, en un mot des objets étendus d'une couleur uniforme, quelle que soit d'ailleurs la perfection de l'exécution sous le rapport du fini et de la vérité de l'imitation, seront d'un effet inférieur à celui des vitraux composés de pièces de couleurs variées et heureusement opposées.

115. Je conclus donc qu'il faut rapporter les causes des beaux effets des vitraux colorés des grandes églises gothiques,

1° A ce qu'ils présentent un dessin très-simple, dont les diverses parties bien circonscrites peuvent être vues sans confusion à une grande distance;

2° A ce qu'ils offrent un ensemble de parties colorées, distribuées avec une sorte de symétrie et qui sont en même temps vivement contrastées, non-seulement entre elles, mais encore avec les parties opaques qui les circonscrivent.

Article VI.

Applications à la distribution des fleurs dans les jardins.

116. Parmi les plaisirs que la culture des plantes d'agrément présente, il en est peu d'aussi vifs que le spectacle de cette multitude de fleurs si variées dans leurs couleurs, leur forme, leur grandeur et leur disposition sur la tige qui les porte. C'est probablement parce qu'on les admire individuellement, parce qu'on s'y attache en raison des soins qu'elles ont coûtés, que jusqu'ici on a négligé généralement de les disposer de manière à leur faire produire sur l'œil qui les voit, non plus isolément, mais ensemble, le plus bel effet possible. Ainsi

rien n'est plus fréquent que le défaut de proportion qu'on remarque dans la répartion des fleurs d'une même couleur dans un jardin. Tantôt la vue n'est frappée que du bleu ou du blanc, tantôt elle est éblouie par du jaune répandu profusément : enfin le mauvais effet d'une couleur dominante peut être augmenté encore lorsque les fleurs qui la présentent, ont des teintes qui appartiennent à des gammes voisines, mais cependant différentes. Par exemple, au printemps, on verra la doronic d'un jaune brillant à côté du narcisse d'un jaune pâle ; en automne, l'œillet d'Inde à côté de la rose d'Inde et des soleils ; on verra des dahlias de différents rouges groupés ensemble, etc., etc. De pareils rapprochements causent à un œil exercé à saisir les effets du contraste des couleurs, des sensations tout aussi désagréables que le sont celles qu'éprouve le musicien dont l'oreille est frappée par des sons discordants.

117. La règle principale à observer dans l'arrangement des fleurs, est de placer les fleurs bleues à côté des fleurs orangées, les fleurs violettes à côté des fleurs jaunes; quant aux fleurs rouges et roses, elles ne se montrent jamais avec autant d'avantages que lorsqu'on les voit entourées de verdure et de fleurs blanches : celles-ci doivent encore être interposées entre des groupes formés de fleurs bleues et orangées, de fleurs violettes et jaunes. Et certes si la vue d'un massif de fleurs blanches est de peu d'effet, on ne peut se refuser à considérer ces mêmes fleurs comme indispensables à l'ornement des jardins, une fois qu'on les a vues distribuées convenablement entre des groupes de fleurs dont les couleurs sont assorties d'après la loi de contraste; et il y a plus, c'est que si l'on cherche soi-même, dans le cours de l'année horticulturale, à mettre en pratique les préceptes dont nous par-

lons, on remarquera qu'il est des époques où les fleurs blanches ne sont point généralement assez multipliées par la culture pour qu'on tire le meilleur parti possible de la flore de nos jardins. J'ajouterai encore que les plantes dont on fait contraster les fleurs doivent être de la même grandeur, et que dans beaucoup de cas la couleur du sable des allées et celle de la terre même où les plantes sont fixées sont susceptibles de concourir à l'effet général.

118. En énonçant la règle précédente, je ne prétend pas affirmer que des arrangements de couleurs différents de ceux qu'elle comprend ne flatteront pas l'œil; mais je veux dire qu'en y étant fidèle on sera *toujours sûr* de ne produire que des assemblages avoués par le goût, tandis qu'on n'aurait pas la même certitude de succès en faisant d'autres arrangements. C'est, au reste, un point sur lequel je reviendrai plus bas.

119. Je réserve pour un travail particulier le nom des plantes qui, fleurissant dans le même temps, sont susceptibles d'être groupées ensemble, ainsi que des détails d'exécution qui seraient déplacés dans ce Mémoire. Mais je dois répondre à l'objection qu'on pourrait m'adresser, *que le vert des feuilles qui sert pour ainsi dire de fond aux fleurs, détruit l'effet du contraste de ces dernières.* Il n'en est point ainsi, et pour s'en convaincre, il suffit de fixer sur un écran de soie verte deux sortes de fleurs conformément à l'arrangement des bandes colorées (fig. 1 et 2), et de les regarder à la distance d'une dizaine de pas. Au reste, cela est tout simple : dès que l'œil voit distinctement et simultanément deux couleurs, son attention étant fixée sur elles, les objets environnants, surtout quand ils sont sur un plan reculé, que leur couleur est sombre

et qu'ils se présentent eux-mêmes d'une manière confuse, ne lui font éprouver que de faibles impressions.

ARTICLE VII.

Applications à la couleur des vêtements.

120. Il est un fait qui a été remarqué par beaucoup de personnes, c'est qu'un habit d'uniforme composé de draps de diverses couleurs, se porte bien plus long-temps, quoique usé, qu'un habit d'une seule couleur, lors même que celui-ci serait d'un drap identique à un de ceux qui composent le premier. La loi du contraste en explique parfaitement la raison.

121. Supposons un uniforme de deux couleurs dont l'une est complémentaire de l'autre, comme le rouge et le vert, l'orangé et le bleu, le jaune et le violet : ces couleurs se rehaussant mutuellement, seront d'un excellent effet et à stabilité égale; elles présenteront plus d'avantages pour se maintenir belles malgré les agents atmosphériques qu'aucun autre système binaire de couleur.

122. Dans l'uniforme bleu et jaune, le bleu donne au jaune une teinte orangée qui en rehausse l'éclat malgré la tendance qu'il a, comme couleur foncée, à le faire paraître plus clair : à son tour le jaune donne au bleu un œil violeté qui l'embellit. Si le bleu du drap avait une teinte verdâtre désagréable, celle-ci serait neutralisée.

123. D'un autre côté, les taches seront toujours moins visibles sur un habit de diverses couleurs que sur un habit d'une seule, parce qu'il existe en général un contraste plus grand entre les diverses parties du premier habit qu'entre la tache

et la couleur qui y est contiguë; or cette différence rend moins sensible à l'œil l'effet de cette tache.

124. C'est encore par la même raison qu'un habit, un gilet et un pantalon d'une même couleur, ne peuvent être portés ensemble avec avantage, que quand ils sont neufs; car dès que l'un d'eux a perdu de sa fraîcheur pour avoir été porté plus que les autres, la différence augmentera par le contraste. Par exemple un pantalon noir neuf, mis avec un habit et un gilet de même couleur, mais vieux et un peu roux, fera ressortir cette dernière teinte, en même temps que le noir du pantalon paraîtra plus brillant. Un pantalon blanc ou même d'un gris léger produirait un effet contraire. On voit, d'après cela, qu'il est avantageux de donner aux soldats un pantalon d'hiver qui ne soit pas de la couleur de l'habit qu'ils portent toute l'année. On voit encore pourquoi le pantalon blanc est si avantageux avec l'habit bleu, et généralement avec tout habit de couleur foncée.

Article VIII.

Applications au jugement que l'on porte des couleurs des étoffes teintes abstraction faite de leur solidité.

125. Lorsqu'il s'agit de juger la couleur d'une étoffe sous le rapport de l'éclat, il faut absolument l'isoler de la vue de couleurs qui pourraient avoir sur elle quelque influence de contraste : mais d'un autre côté, comme on ne peut juger deux échantillons d'étoffes d'une même couleur qu'en les comparant ensemble, il faut, pour les bien apprécier, tenir compte du phénomène de contraste qui peut se produire si les deux

échantillons ne sont pas absolument identiques sous le rapport de la couleur et de la hauteur du ton.

1re *Application.*

126. Qu'il s'agisse de deux échantillons qu'on rapporte à une même couleur, comme deux bleus, deux rouges; si le bleu ou le rouge des échantillons que l'on compare ensemble n'est pas identique dans les deux, il faudra tenir compte du contraste qui en exagérera la différence : ainsi que l'un des bleus soit verdâtre, il fera paraître l'autre moins verdâtre ou plus indigo et même plus violet qu'il ne l'est réellement, et réciproquement le premier paraîtra plus vert qu'on ne le verrait isolément. De même pour les rouges, si l'un est plus orangé que l'autre, celui-ci paraîtra plus pourpre et le premier plus orangé qu'ils ne le sont.

2e *Application.*

127. Puisque le contraste des couleurs qui ne sont pas analogues tend à les embellir en les épurant l'une par l'autre, il est clair que toutes les fois qu'on voudra porter un jugement exact sur la beauté des couleurs de tapis, de tapisseries, de peintures, il faudra tenir compte du dessin et de la manière dont les couleurs sont nuancées, si les objets comparés ne sont pas la représentation exacte d'un même sujet : en effet, toutes choses égales d'ailleurs, les mêmes couleurs non nuancées disposées en zones rapprochées, paraîtront certainement plus belles que si chacune était vue isolément dans un fond qui ne produirait qu'une

seule impression sur l'œil. Des couleurs formant des palmes comme celles des châles de l'Orient, des dessins comme ceux des tapis de Turquie, seront d'un plus bel effet que si elles étaient nuancées, fondues comme elles le sont en général dans nos peintures. Conséquemment si on voulait, par exemple, comparer une zone de couleur amarante d'un châle oriental à zones de diverses couleurs avec le fond amarante d'un châle français, il faudrait détruire le contraste des couleurs qui avoisinent la zone amarante, en les cachant au moyen d'un papier gris découpé qui ne laisserait voir que cette zone. Bien entendu qu'un papier découpé semblable au premier, serait placé sur le fond, afin que les parties comparées fussent soumises à la même influence de la part des objets environnants.

128. Le même moyen doit être employé lorsqu'il s'agit de comparer des couleurs d'anciennes tapisseries avec des couleurs récemment faites, et voici pourquoi. Le temps agit très-inégalement, non-seulement sur les diverses sortes de couleurs qui sont appliquées sur des étoffes, mais encore sur les tons ou nuances d'une même gamme. Ainsi des nuances foncées de certaines couleurs s'effacent, telles sont les violets en général, tandis que les bleus foncés d'indigo, les rouges foncés de garance, de kermès, de cochenille résistent. En second lieu, les tons clairs d'une même gamme s'évanouissent dans un temps qui n'a pas d'influence sensible pour en altérer les tons foncés. Dès-lors les couleurs qui ont résisté davantage à l'action destructive du temps, étant plus isolées les unes des autres, plus foncées et moins fondues, paraissent par-là même avoir plus d'éclat, que si elles étaient disposées autrement.

3e *Application.*

129. Lorsqu'on jette les yeux sur l'ensemble des tons de la plupart des gammes dont on fait usage dans les manufactures de tapisseries et de tapis, le phénomène du contraste exagère la différence de couleur qu'on remarque dans une même gamme entre les tons extrêmes et ceux du milieu. Par exemple dans la gamme du bleu indigo sur soie, les clairs sont verdâtres et les bruns violâtres, tandis que les tons intermédiaires sont bleus. Or la différence du verdâtre au violâtre dans les extrêmes, se trouve augmentée par l'effet du contraste. Il en est de même dans la gamme du jaune, les tons clairs paraissent plus verdâtres, et les bruns plus rougeâtres qu'ils ne le sont réellement.

4e *Application.*

130. Le contraste qui augmente la différence du blanc et du noir, vus simultanément l'un à côté de l'autre, produit un effet analogue sur les différents tons d'une même gamme. C'est ce qu'on pouvait déduire de l'observation rapportée plus haut (90), au sujet d'une série de 10 zones, qui, vues isolément, sont d'une teinte uniforme, et qui cessent de le paraître lorsqu'elles sont contiguës les unes aux autres. Au reste, l'épreuve suivante le démontre directement. Supposons que dans une série de tons bleus désignés par les nombres 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc., etc., en commençant par les clairs, on place le ton 2 entre 3 et 4, le bleu de 2 s'affaiblira tellement qu'il pourra paraître égal au ton 1. Ce résultat donne le moyen d'apprécier plus sûrement qu'on ne le ferait autrement, si les tons d'une gamme suffisamment nombreux sont

à la même distance les uns des autres. En effet, si le ton 2, mis entre 3 et 4, paraît égal à 1, il s'ensuivra, si les tons sont équidistants, que 3 mis entre 4 et 5, paraîtra égal à 2, que 4 mis entre 5 et 6, paraîtra égal à 3, et ainsi des autres. Si les tons étaient trop rapprochés pour présenter ce résultat, il faudrait les avancer successivement, non pas d'une place, mais de deux ou de trois.

131. Ce moyen de juger de l'égalité de distance entre des tons d'une même gamme, est fondé sur ce qu'il est plus facile de constater une égalité de nuance, que d'estimer la distance qui sépare les divers tons d'une gamme, lorsqu'on les observe à la place qu'ils doivent occuper d'après l'intensité respective de leur couleur.

Résumé et quelques considérations générales.

132. Ce qui distingue essentiellement les observations que j'ai exposées dans la première partie de ce Mémoire de celles qui ont été faites auparavant, c'est la démonstration expérimentale, que deux zones de couleurs différentes et de surface égale, vues simultanément, se modifient mutuellement, non-seulement dans le cas où elles sont juxtaposées, mais lors même qu'elles sont éloignées l'une de l'autre, et j'ajouterai que les modifications ont encore lieu lorsqu'on remplace les bandes qui ont servi aux expériences précédentes par des feuilles de papier de couleur de $0^m,5$ de longueur, et de $0^m,3$ de largeur, les feuilles qui servent de comparaison étant à 1 mètre de distance des feuilles contiguës.

133. La loi de ces modifications une fois connue, permet de prévoir les changements que deux couleurs données éprou-

veront par leur juxtaposition, lorsqu'on connaîtra la couleur complémentaire de chacune d'elles, et la hauteur de leur ton, puisque les changements qu'elles éprouveront résulteront de ce que la complémentaire de l'une s'ajoutera à la couleur de l'autre, et que si les deux couleurs ne sont pas à la même hauteur de ton, celle qui est foncée le paraîtra davantage, comme l'autre paraîtra plus claire qu'elle ne l'est, en supposant toutefois que ce dernier effet ne soit pas détruit par le premier.

134. J'ai fait voir combien le phénomène précédent, que j'ai nommé *contraste simultané*, diffère du phénomène que j'ai nommé *contraste successif*; dans ce dernier, c'est une même partie de la rétine qui voit d'abord un objet sous sa véritable couleur, et ensuite son image sous la couleur complémentaire de la première, tandis que dans le contraste simultané ce sont deux parties différentes de la rétine qui voient simultanément chacune un objet différent, et qui voient les deux objets avec des modifications de couleur et de hauteur de ton qu'ils ne présenteraient point si chacun était vu isolément de l'autre.

135. Cette distinction des deux contrastes a rendu beaucoup plus claire l'histoire des travaux entrepris par divers physiciens sur les *couleurs accidentelles*. Buffon et le P. Scherffer ont examiné presque exclusivement le contraste successif, tandis que Rumford et Prieur de la Côte-d'Or, se sont particulièrement occupés du contraste simultané. Haüy, en parlant de la partie théorique ou explicative des couleurs accidentelles, a attribué au P. Scherffer une explication qui concerne le contraste simultané, et qui ne représente pas celle que ce physicien a donnée du contraste successif. Enfin,

Laplace a proposé une explication du *contraste simultané* qui n'est guère plus satisfaisante que la précédente, puisqu'elle suppose, en général, que la couleur modifiante doit présenter plus d'étendue que la couleur modifiée.

136. Le *contraste simultané*, tel que je l'ai envisagé, est un phénomène bien plus fréquent qu'on ne l'avait pensé; en parlant de ses rapports avec l'organe de la vision, je n'ai pas prétendu donner une théorie, mais j'ai voulu exprimer un fait qui me paraît général, c'est que, lorsque l'œil est *frappé* à la fois par deux couleurs qu'il *regarde avec quelque attention*, ce qu'il y a d'analogue dans ces couleurs agit moins sur le nerf optique que ce qu'il y a d'hétérogène, ou en d'autres termes, l'œil a moins de sensibilité pour saisir ce qu'il y a d'analogue dans les couleurs que pour saisir ce qu'il y a de différence, et cela sans qu'on puisse dire en général que l'organe est fatigué.

137. Dans la seconde partie de ce Mémoire, j'ai prouvé par des exemples, combien sont nombreuses et variées les applications de la loi du *contraste simultané :* si quelques-unes d'elles étaient susceptibles de se déduire de ce qu'on savait sur les couleurs accidentelles avant mes observations, il faut convenir que la plupart ne pouvaient être faites qu'après la démonstration de cette proposition : *deux couleurs vues distinctement et ensemble se modifient mutuellement, indépendamment de leur étendue respective, lors même qu'elles ne se touchent pas, et en outre sans qu'on soit en droit d'attribuer leurs modifications à une fatigue de l'œil.*

138. Mais après avoir donné force de loi à cette proposition et en avoir développé les conséquences dans l'application, il me reste à motiver le jugement que j'ai porté du système

d'harmonie des couleurs du comte de Rumford, que j'ai traité de vue ingénieuse de l'esprit et non de *chose démontrée.* Il est évident que ce physicien ayant observé qu'une lumière blanche contiguë à une lumière colorée se teint de la complémentaire de cette dernière, a conclu de ce fait son idée d'harmonie des couleurs, et qu'il a ainsi adopté implicitement l'opinion de ceux qui pensent avec Darwin, que la beauté des couleurs contiguës dépend de la facilité relative avec laquelle l'œil les perçoit distinctement, et qu'en conséquence les plus beaux assortiments résultent des couleurs opposées. J'ai trop réfléchi sur les idées que la vision nous donne, et sur les effets des arts de son domaine, pour rejeter cette opinion; mais je ne saurais l'admettre comme un principe unique et suffisant pour rendre raison du plaisir ou du déplaisir que tel assemblage de couleurs produit en nous, car dans plusieurs cas on ne peut méconnaître l'influence du principe de l'association des idées. Quoi qu'il en soit, examinons ce qu'il y a d'évident dans l'assortiment des couleurs complémentaires et non complémentaires relativement à l'influence qu'elles exercent l'une sur l'autre pour paraître à l'œil plus ou moins pures, plus ou moins belles, et faisons abstraction de toute vue systématique.

Assortiment de couleurs complémentaires.

139. Un assortiment de couleurs complémentaires n'est jamais désagréable, c'est une vérité anciennement reconnue; mais ce que mes expériences démontrent, c'est *comment ces couleurs s'embellissent par leur rapprochement en se renforçant et s'épurant l'une par l'autre, quelle que soit d'ailleurs la différence qu'il y ait entre les divers corps jaunes ou les di-*

vers corps violets, ou etc., qu'on juxtapose. C'est donc parce qu'on est toujours sûr de produire un effet agréable en rapprochant des couleurs complémentaires, non-seulement quand elles sont franches, mais encore lorsqu'un mélange de blanc et de noir les a rendues grises, que j'ai prescrit leur assortiment de préférence à tout autre pour la distribution des fleurs des jardins, pour les étoffes des meubles, les uniformes et les livrées; j'ai insisté en outre sur l'économie qu'il présente dans ces dernières applications.

Assortiment des couleurs non complémentaires simples.

140. Je vais examiner maintenant l'assortiment des couleurs non complémentaires, et pour plus de précision, je parlerai d'abord des *couleurs simples,* ou plus exactement de celles qui se rapprochent davantage des sept couleurs dites *primitives.* Je traiterai ensuite soit de l'assortiment de deux couleurs mixtes, soitde celui d'une couleur simple et d'une couleur mixte. Pour éviter les périphrases, je nomme mixte la couleur formée de deux ou de plusieurs couleurs simples.

141. En jetant les yeux sur les arrangements des zones colorées qui ont été le sujet des dix-sept observations de l'article 1^er^, § 1 (10), il était évident que *si la plupart de leurs teintes,* qui approchaient, autant que possible, des sept couleurs primitives, *s'embellissaient en perdant du brun et en prenant plus d'intensité et de brillant, ainsi qu'on le remarque dans l'assortiment des couleurs complémentaires;* on observait de plus, *que leur composition optique semblait toujours ou presque toujours avoir été plus ou moins changée.* De sorte qu'on peut tirer cette conséquence pratique, que, *si les couleurs non complémentaires qui se rapprochent*

davantage des sept couleurs primitives, s'embellissent en général par leur juxtaposition mutuelle, elles semblent cependant à l'œil s'être dénaturées plus ou moins.

142. Exemples de trois cas remarquables que ces couleurs m'ont présentés.

1° Le jaune et le bleu s'embellissaient mutuellement, le premier en prenant du doré, le second du violet.

2° Le bleu précédent perdait de sa beauté en devenant verdâtre par sa juxtaposition avec le violet.

3° Le violet précédent et un bleu foncé indigo se nuisaient réciproquement; le violet, perdant trop de bleu, ressemblait à un violet qui s'est *passé* à la lumière, tandis que le bleu indigo, en perdant son rouge, prenait une teinte verdâtre désagréable.

Assortiment des couleurs non complémentaires, soit une simple et une mixte, soit deux mixtes.

143. Si on juxtapose des couleurs qui ont une certaine analogie, comme un rouge simple avec un rouge mixte tirant sur l'orangé ou le violet, un bleu simple avec un bleu mixte tirant sur le violet ou le vert, etc., etc., ou deux couleurs mixtes comme un rouge orangé avec un rouge amarante, un bleu verdâtre avec un bleu violâtre, etc., etc., on pourra observer 1° que les deux couleurs s'embelliront, 2° que l'une seulement s'embellira, 3° que les deux perdront de leur beauté; trois cas qu'on observe dans l'arrangement des couleurs simples non complémentaires; mais il y aura cette différence que les deux derniers cas se présenteront plus fréquemment que dans l'arrangement des couleurs simples non complémentaires.

EXEMPLES.

1.er *exemple.*

144. Si vous juxtaposez deux roses, dont l'un résulte de la dégradation d'un rouge amarante et l'autre de celle d'un rouge écarlate, et qui séparément sont agréables à la vue; d'après la loi, le premier paraîtra plus amarante ou plutôt plus bleu, et le second plus jaune; ce qui revient à dire que tous les deux perdront du rouge. Or si ces deux roses sont chacun sur la limite où en prenant plus de bleu ou plus de jaune qu'ils n'en ont, ils perdraient de leur beauté, il est évident que la juxtaposition leur nuira. S'ils sont au contraire en deçà de la limite dont je parle, la juxtaposition, quoique augmentant leur différence, ne leur nuira pas, en supposant toutefois qu'elle ne porte ni l'un ni l'autre hors de cette limite. Enfin si un rose avait trop de jaune ou trop de bleu pour être beau isolément, en le mettant près d'un rose plus jaune ou d'un rose plus pourpre on l'embellirait.

2.e *exemple.*

145. Un vert jaune juxtaposé avec un vert tirant sur le bleu perdra du bleu et paraîtra plus jaune conséquemment. Eh bien, il y aura tel vert jaune auquel le voisinage de l'autre vert sera favorable, et tel autre auquel il sera nuisible. Le premier vert jaune s'embellira en se rapprochant davantage du vert jaune des feuilles naissantes, tandis que le second prendra ce vert jaune roux de certaines feuilles qui se détachent des arbres en automne.

3e *exemple.*

146. Une capucine, dont la couleur est si vive, mise à côté de certains pavots pourpres, dont la couleur vue isolément est assez belle, donnent un ensemble désagréable. La capucine perd son rouge vif, elle prend une couleur orangée terne, et le pavot prend une couleur lie de vin pareillement terne.

147. On voit par ces exemples,

1° Que plus les couleurs ont d'analogie, et plus il y a de chances pour que leur juxtaposition mutuelle soit nuisible à une d'elles ou même à toutes les deux.

2° Que si la loi ne peut prescrire, pour l'agrément de la vue, des arrangements de couleurs non complémentaires d'une manière aussi positive qu'elle le fait, lorsqu'il s'agit de l'assortiment des couleurs complémentaires, cela tient à l'impossibilité de désigner aujourd'hui d'une manière précise ces innombrables couleurs des corps susceptibles d'être soumis à ces arrangements, faute de pouvoir les rapporter à des types invariables, comme le sont par exemple les anneaux colorés de Newton. Telle est la raison pour laquelle en traitant de la distribution des fleurs dans les jardins (118), je n'ai prescrit que l'assortiment des fleurs dont les couleurs sont complémentaires, tout en reconnaissant qu'il existe beaucoup d'autres assortiments d'un effet agréable. On voit encore, par les mêmes exemples, qu'en se pénétrant de la loi et raisonnant bien l'effet qu'on veut produire en mettant deux couleurs à côté l'une de l'autre, on ne commettra jamais de faute, je ne dis pas sous le rapport de l'harmonie de ces couleurs, mais sous celui de la meilleure dispo-

sition possible à leur donner tant pour en ménager et même rehausser l'éclat, la pureté, la fraîcheur, que pour corriger ce que l'une d'elles peut avoir de défectueux. Au reste, afin de dissiper toute obscurité, je vais citer de nouveaux exemples.

1^er^ *exemple.*

148. Qu'il s'agisse d'une capucine qui offre le rouge et le jaune dans une proportion telle qu'un peu plus de rouge ou un peu plus de jaune nuirait à la beauté de la fleur, la loi indique : 1° que le voisinage du bleu, dont la complémentaire est l'orangé, couleur qui a la plus grande analogie avec la première, en s'y ajoutant produira un bon effet, cependant certaines personnes trouvent cet assemblage trop dur; 2° que le voisinage du jaune ou du rouge sera nuisible à l'effet, parce que leur complémentaire fera trop dominer le rouge ou le jaune; 3° que si on est forcé d'entourer la capucine de jaune, de rouge, ou même d'orangé, il faudra tellement ternir ces couleurs que l'éclat de la capucine en sera rehaussé, en raison du contraste qui naît de la différence de la hauteur du ton. Ce dernier artifice de relever l'éclat des couleurs est connu et pratiqué de tout temps, mais je ne crois pas qu'on pût rendre compte de son effet avant la connaissance de la loi du contraste simultané.

2^e^ *exemple.*

149. Qu'il s'agisse d'un bleu agréablement violeté, si on n'a pas d'orangé, de jaune, de bleu, à placer à côté, il faudra recourir soit au vert, soit au gris jaunâtre ou verdâtre; mais

ce qu'il faudra éviter, c'est le voisinage du violet qui détruirait cet œil violeté qu'il faut au contraire ménager.

3e exemple.

150. Qu'il s'agisse d'un vert qui a une teinte jaune désagréable, on mettra à côté du jaune ou un gris jaune roux.

4e exemple.

151. Qu'il s'agisse d'un bleu terni par du verdâtre, en plaçant un vert à côté on neutralisera ce qui déplaît.

152. Les applications, concernant l'art de la tapisserie des Gobelins, sont de nature à convaincre que la connaissance de la loi du contraste simultané doit éviter bien du tâtonnement et des erreurs à ceux qui se laisseront guider par elle, lorsqu'il s'agira d'assortir des fils colorés pour copier en tapisserie un modèle donné, et on doit la considérer désormais comme un des principes les plus précieux de cet art.

153. Elle n'est pas moins indispensable à connaître lorsqu'il s'agit de comparer, sous le rapport de la beauté de la couleur, des laines ou des soies teintes qui font partie de tapisseries, de tapis ou de châles, dont les dessins ne sont point identiques, et dont les couleurs ne sont pas également nuancées, également fondues les unes dans les autres. Désormais, avant de prononcer que les couleurs des étoffes orientales sont supérieures aux nôtres sous le rapport de l'éclat, il faudra prendre les précautions que j'ai prescrites pour éviter toute illusion.

154. En parlant des applications à la peinture des tableaux, je crois en avoir dit assez pour faire pressentir que les peintres qui voudront raisonner l'emploi des couleurs d'après la loi du contraste simultané, se perfectionneront dans le *coloris*, comme ils se perfectionnent dans la perspective linéaire en étudiant les principes de géométrie qui se rapportent à cette partie de leur art.

155. Les modèles ont une si grande influence sur les tapisseries et les tapis, que je me suis cru obligé, d'après les nombreuses observations que j'ai eu l'occasion de faire dans les manufactures royales, d'exposer quelques réflexions relatives au genre de peinture le plus convenable pour ces modèles. Ces réflexions pourront intéresser les artistes qui s'occupent de ces sortes d'ouvrages, et qui cherchent à se rendre compte de l'objet principal de leur genre d'imitation. Après avoir déterminé les effets principaux qu'ils doivent s'attacher à produire, ils verront ceux de la peinture ordinaire qu'ils peuvent sacrifier pour obtenir les premiers. Par là ils raisonneront ce qu'ils auront à faire pour perfectionner la *partie spéciale de leur imitation*. Ils verront sans doute que les modèles de fleurs pour meubles ne demandent pas à être peints à la manière dont un élève de V. Spaendonck ferait un tableau ou des dessins pour un livre de botanique; que des modèles de tapisserie à personnages ne doivent pas ressembler à des mignatures par le fini, et enfin que, dans toutes ces productions, *les objets doivent être aussi grands que possible et présenter absolument de beaux effets de couleur.*

156. J'ai établi cette proposition sur la nature même des éléments colorés que le tapissier met en œuvre, et sur la

distance à laquelle ses ouvrages doivent être vus. Si je ne m'abuse, c'est par des raisonnements analogues à ceux que j'ai employés pour la démontrer qu'il est possible de fixer d'une manière incontestable les vrais principes de plusieurs arts d'imitation : et ces principes une fois déduits de la spécialité de l'art auquel ils se rapportent, donnent le moyen de distinguer les tentatives dont on peut espérer de vrais perfectionnements, de celles qui ne sont propres qu'à amener le résultat contraire.

157. J'ai cherché à faire sentir que quelques arts d'imitation ont une liaison plus intime avec la peinture à teintes plates qu'avec la peinture au clair-obscur, en partant des faits suivants :

1° L'œil a un plaisir incontestable à voir des couleurs différentes, c'est pour cette raison que les boiseries peintes des appartements recherchés sont de diverses teintes;

2° Ce plaisir, que l'on peut comparer à la jouissance du goût, est augmenté si des couleurs vives sont disposées de manière à rappeler à l'esprit un objet agréable, lors même qu'elles ne représenteraient pas une image parfaite de l'objet.

D'après cela, j'ai conclu que lorsqu'on veut agir sur l'œil par des couleurs dans les circonstances suivantes :

1° Lorsque ces couleurs sont vues à une distance telle que le fini d'une peinture soignée disparaîtrait;

2° Lorsqu'une peinture n'est qu'un accessoire qui décore un objet dont l'usage en repousserait une trop soignée qui serait d'ailleurs d'un prix trop élevé ;

L'imitation doit être exécutée d'après le système des teintes plates plutôt que d'après le système contraire, et

les modèles doivent être choisis parmi les objets qui se font le plus remarquer par la beauté de leurs couleurs et la simplicité de leurs formes, tels que des fleurs, des insectes, des oiseaux, etc., etc.

P. S. Je prie MM. les Rédacteurs des journaux scientifiques de ne pas réimprimer ce Mémoire, qui est le dernier chapitre d'un ouvrage que je compte publier aussitôt que l'état de la librairie française me le permettra.

E. CHEVREUL.

Fig. 4

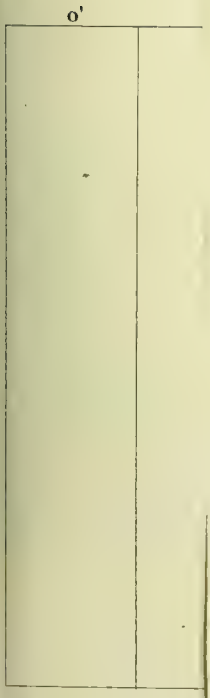


Fig 1
Fig 3
Fig 4
Fig 2

MÉMOIRE

SUR

LES MOUVEMENTS SIMULTANÉS D'UN PENDULE ET DE L'AIR ENVIRONNANT ;

PAR M. POISSON.

Lu à l'Académie le 22 août 1831.

UN corps plongé dans un fluide en repos y perd une partie de son poids égale au poids du volume de fluide qu'il déplace. Ce principe, dont la connaissance remonte à *Archimède*, se déduit facilement des lois les plus simples de l'*hydrostatique*. Il a également lieu dans le cas d'un fluide homogène ou hétérogène, liquide ou aériforme, et suppose seulement que la densité et la pression sont les mêmes dans toute l'étendue de chaque couche horizontale ; ce qui est la condition d'équilibre d'un fluide pesant. Quelle que soit la forme du corps, on démontre alors que les pressions horizontales, exercées sur la surface entière, se détruisent deux à deux, et que les pressions verticales se réduisent à une force égale et directement contraire au poids de la portion de fluide dont le corps occupe la place. A la vérité, cette démonstration suppose qu'en chaque point du corps, la pression est normale à sa surface et indépendante de sa forme ; ce qui n'a pas lieu exactement, quand on tient compte de

la partie de la pression due à l'action capillaire ; mais j'ai prouvé, dans mes précédents Mémoires et dans l'ouvrage intitulé *Nouvelle théorie de l'action capillaire*, qu'il n'est pas nécessaire d'avoir égard à cette pression partielle, dans le calcul de la pression totale exercée par un fluide sur un corps qu'il enveloppe de toutes parts.

On a étendu, par analogie, le principe d'*Archimède* que je viens de rappeler, au cas d'un corps qui se meut dans un fluide et qui met aussi ce fluide en mouvement. C'est, par exemple, de cette manière que l'on calcule la force ascensionnelle d'un ballon à différentes hauteurs dans l'atmosphère. Et pour réduire au vide la durée des oscillations d'un pendule, conclue d'observations faites dans l'air, on prend pour la pesanteur relative, la pesanteur absolue, multipliée par l'unité moins le rapport de la densité du fluide à celle du pendule. Quoique l'on ait examiné avec l'attention la plus minutieuse les diverses circonstances qui peuvent influer sur la longueur du pendule à secondes, on n'avait, cependant, élevé jusqu'à présent aucun doute sur cette manière d'effectuer la réduction au vide. Mais dans ces derniers temps, M. Bessel, à qui l'astronomie est redevable de si grands et si importants travaux, a fait voir, par l'expérience et par des considérations théoriques, l'inexactitude de cette correction, l'une des plus considérables que l'on fasse subir aux résultats immédiats de l'observation.

L'illustre astronome remarque que dans l'équation du mouvement d'un pendule composé, formée d'après le principe des forces vives, la somme de celles des points du pendule, doit être augmentée de la somme des forces vives de toutes les molécules d'air que ce corps met en mouvement.

Par des raisons que l'auteur expose dans son ouvrage (*), il regarde cette dernière somme comme étant égale, à chaque instant, au carré de la vitesse du centre de gravité du pendule, multiplié par une masse d'air constante et inconnue; et de là il résulte évidemment que la longueur du pendule simple se trouve augmentée d'une partie à très-peu-près égale au produit de cette longueur même, du rapport de la densité de l'air à celle du mobile, et d'un coefficient numérique qui reste à déterminer. Pour y parvenir, M. Bessel a eu recours à l'expérience : il a fait osciller successivement deux boules d'égal volume, l'une de cuivre et l'autre d'ivoire, suspendues à l'extrémité d'un fil très-mince et d'une très-grande longueur par rapport à leur diamètre; il a aussi employé successivement le mode de suspension à couteau de Borda, et un autre mode qu'il a imaginé pour rendre le résultat indépendant de l'arête du couteau ; et en comparant les durées des oscillations des deux boules, il a trouvé le coefficient de sa formule un peu moindre que l'unité.

La différence entre ces durées pourrait s'expliquer en attribuant à la pesanteur une action inégale sur l'ivoire et le cuivre. A l'époque ou Newton fit connaître les lois de la gravitation universelle, il eut soin de constater par des expériences faites avec toute l'exactitude qu'il y pouvait mettre, l'égale durée des oscillations réduites au vide, sur des corps de même forme et de matière différentes. Mais vu le degré de précision que l'on apporte maintenant dans ce genre d'observations, il serait permis de croire que les expériences

(*) Recherches sur la longueur du pendule à secondes, Berlin 1828.

de M. Bessel auraient rendu sensible une différence qui avait échappé à Newton. L'action inégale de la gravité sur des matières différentes, si elle résultait invinciblement des expériences du pendule, viendrait à l'appui d'une opinion émise, il y a quelques années, par de savants géomètres, qui ont pensé que l'attraction mutuelle des planètes ne dépend pas seulement de leurs masses et de leur distance, et que, par exemple, il faut employer une masse différente de Jupiter dans le calcul des inégalités de Saturne et dans celui des perturbations de Pallas et des autres petites planètes. Toutefois, ce serait avec peine que l'on renoncerait à cette admirable simplicité de la plus grande loi de la nature que nous connaissions, de l'attraction universelle en raison directe des masses et inverse du carré des distances ; loi que l'on a appliquée, sans qu'elle se soit jamais démentie, aux systèmes différents des planètes autour du soleil et des satellites autour de ces planètes ; dont on s'est également servi pour déterminer les perturbations des comètes, malgré leur nature toute particulière ; et que les observations permettront bientôt d'étendre en dehors de notre univers, au mouvement relatif des étoiles doubles. Mais ce n'est point ici le lieu de discuter cette importante question ; et je me contenterai de rappeler, à cette occasion, la preuve que Laplace a donnée de la parfaite égalité de l'action du soleil sur la matière de la lune et sur celle de la terre (*) ; ce qui résulte, en effet, de la parallaxe du soleil, conclue de l'inégalité parallactique de la lune et comparée à cette même paral lax

(*) Mécanique céleste, tome V, page 401.

déterminée directement par le passage de Vénus sur le disque solaire.

Lorsque les idées nouvelles de M. Bessel sur la réduction au vide des longueurs du pendule à secondes furent connues en Angleterre, on pensa qu'il serait utile de vérifier par une expérience directe, les résultats qu'il avait obtenus; et le bureau des longitudes de Londres en chargea M. le capitaine Sabine. Ayant fait osciller successivement un même pendule dans l'air, sous la pression barométrique ordinaire, sous une pression moitié moindre, et sous une pression très-petite, M. Sabine a reconnu qu'effectivement le nombre des oscillations s'accroît, à mesure que la pression diminue, plus qu'il ne résulterait du rapport de la densité de l'air à la densité du pendule: ainsi, en 24 heures, le nombre des oscillations dans le vide a excédé de 10,36, celui des oscillations dans l'air ordinaire, tandis que, d'après la règle qu'on avait suivie jusqu'à présent pour la réduction au vide, cet excès n'aurait été que de 6,26. Une différence qui surpasse quatre oscillations en un jour, est beaucoup trop grande pour qu'on puisse l'attribuer aux erreurs des observations; elle ne peut pas non plus résulter d'une inégalité d'action de la pesanteur terrestre sur des matières différentes, puisqu'il s'agissait ici du même pendule oscillant successivement dans l'air ordinaire et dans l'air raréfié: il est donc démontré, du moins par l'expérience, que la perte de poids qu'un pendule éprouve lorsqu'il est plongé dans un fluide, n'est pas la même, selon que ce corps est en repos ou en mouvement; et l'on prouvera dans ce mémoire que ce résultat, que personne n'avait soupçonné avant M. Bessel, se déduit également de la théorie du mouvement des fluides.

Indépendamment de cette diminution de pesanteur qui ralentit les mouvements verticaux, les fluides opposent encore aux mobiles, une résistance qui dépend de la grandeur de leur vitesse. Depuis Newton, à qui l'on doit les premiers essais théoriques sur la résistance des fluides élastiques et des liquides, un grand nombre de géomètres, parmi lesquels il faut surtout compter d'Alembert et D. Bernouilli, se sont occupés de cette question, d'une si haute importance par ses nombreuses et utiles applications. Les académies ont aussi plusieurs fois appelé l'attention des savants sur le problème de la résistance des milieux; mais il faut avouer que dans cette matière, la théorie a jusqu'à présent très-peu éclairé la pratique, et qu'elle est encore aujourd'hui à peine ébauchée. Cela vient, ce me semble, de ce que la plupart des théories sur la résistance des fluides qui se sont succédé, sont fondées sur des hypothèses relatives, soit à la communication du mouvement aux molécules du fluide atteintes successivement par le mobile, que l'on a vaguement comparée au choc des corps, soit à ce que ces molécules deviennent après avoir reçu les vitesses qui leur sont imprimées. D'Alembert a cependant montré que la question ne pouvait être résolue convenablement, qu'en déterminant, d'après les lois de la mécanique, les mouvements simultanés du projectile et du fluide; mais à l'époque de la publication de son *Essai sur une nouvelle théorie de la résistance des fluides*, où ce grand géomètre a donné les équations générales de leur mouvement, et qui n'avait pas remporté le prix de l'académie de Berlin, on commençait à peine à s'occuper du calcul aux différences partielles, dont dépendent essentiellement les problèmes de ce genre.

C'est sous ce point de vue que j'ai envisagé la question qui fait l'objet de ce mémoire. J'ai supposé très-petites les oscillations du pendule, et par conséquent aussi, les vibrations produites dans l'air environnant; ce qui permet de réduire les équations du mouvement à la forme linéaire. Celles du mouvement de l'air sont alors les équations relatives à la théorie du son, dont j'ai présenté les intégrales complètes sous plusieurs formes différentes, dans d'autres mémoires. L'une de ces expressions est celle qui m'a servi dans celui-ci; mais les fonctions arbitraires qui s'y trouvent renfermées ne doivent plus, comme dans la théorie du son, se déterminer uniquement d'après un état donné du fluide à l'origine du mouvement; elles doivent aussi se déduire de la condition qui lie son mouvement à celui du pendule, et qui consiste en ce que les vitesses des molécules adjacentes à ce corps, sont constamment les mêmes, dans le sens normal, que celles des points correspondants de sa surface. Réciproquement, les condensations ou dilatations dont les vitesses de l'air sont accompagnées, produisent sur cette surface des variations de pression, qui influent sur le mouvement du pendule, et de cette manière, les deux mouvements, du pendule et de l'air, dependent l'un de l'autre, et ne peuvent être déterminés séparément. Ce qu'on appelle proprement la résistance du fluide n'est autre chose que cette partie variable de la pression sur laquelle on ne doit faire d'avance aucune hypothèse, et qui est une des inconnues du problème. Mais pour n'omettre aucune des circonstances qui peuvent influer sur le mouvement du pendule, il faut joindre à cette force normale, une autre force tangente, provenant du frottement de l'air contre sa surface.

Dans le premier paragraphe de ce mémoire, j'ai formé, d'après ces principes, les équations des deux mouvements simultanés, et, dans le second, j'en ai donné la solution complète. Il en résulte que c'est au frottement de l'air qu'est due la diminution successive de l'amplitude des oscillations du pendule. Cette diminution a lieu en progression géométrique, ce qui s'accorde avec l'expérience, dans le cas des très-petites oscillations que je me suis borné à considérer; et à cause qu'elle est très-lente dans l'air ou dans un gaz quelconque, il s'ensuit que son influence est insensible sur la durée de chaque oscillation. Au contraire, la pression de l'air influe sur cette durée, et n'altère aucunement l'amplitude qui demeurerait constante si le frottement n'existait pas. Quelle que fût la forme du corps, si la pression normale était la même à chaque instant en tous les points de sa surface, les composantes horizontales et verticales de cette force se détruiraient complètement, sans que le poids du corps et son mouvement fussent modifiés en aucune manière. Mais, à raison de la pesanteur de l'air, la pression n'est pas la même dans les différentes sections horizontales; et de là, il résulte une première diminution de la pesanteur du mobile, indépendante de sa forme et la même dans l'état d'équilibre et dans l'état de mouvement. De plus, dans ce second état, la pression, comme on l'a dit tout à l'heure, n'est pas non plus la même dans les différentes parties de la surface, à raison des condensations ou dilatations qui accompagnent le mouvement de l'air. Or, l'effet unique de cette autre variation de pression, est de produire une nouvelle diminution de la pesanteur du pendule, qui s'ajoute à la première, et dont la grandeur dépend de la forme de ce corps.

Telle est, d'après mon analyse, la véritable cause de la différence que l'observation a manifestée, entre les pesanteurs relatives d'un même pendule, dans l'état de mouvement et dans l'état de repos. Il s'ensuit que la réduction au vide, de la longueur du pendule à secondes, doit être effectivement augmentée, ainsi que M. Bessel l'a remarqué le premier. En appliquant à l'expérience de M. Sabine, citée plus haut, la formule de réduction à laquelle je suis parvenu, on trouve l'excès du nombre d'oscillations dans le vide sur ce nombre dans l'air ordinaire égal à 9,39 en un jour ; ce qui ne diffère de l'observation, qui a donné 10,36, que d'un peu moins d'une oscillation entière.

§ I^er^.

Équations différentielles du mouvement du fluide et du pendule.

(1) Je formerai d'abord les équations relatives au mouvement du fluide, dont on supposera que les molécules font de très-petites vibrations, produites par les oscillations également très-petites du pendule.

Dans cette hypothèse, et soit qu'il s'agisse d'un liquide ou d'un fluide aériforme, les trois composantes de la vitesse de chaque molécule sont, en général, les différences partielles, relatives à ses trois coordonnées, d'une même quantité qui peut contenir, en outre, le temps dans son expression. Au bout du temps t, compté depuis l'origine du mouvement, soient donc x, y, z, les coordonnées d'un point quelconque M du fluide, rapportées à trois axes rectangulaires et fixes, et u, v, w, les trois composantes de sa vitesse, parallèlement

aux mêmes axes ; en représentant par φ une fonction inconnue de x, y, z, t, nous aurons

$$u = \frac{d\varphi}{dx}, \quad v = \frac{d\varphi}{dy}, \quad w = \frac{d\varphi}{dz}. \qquad (1)$$

De plus, s'il s'agit d'un fluide élastique, homogène, dont la densité et la température soient partout les mêmes dans l'état de repos, et si l'on désigne par s la condensation très-petite qui accompagne les vitesses u, v, w, en sorte qu'au point M et au bout du temps t, la densité du fluide soit augmentée dans le rapport de l'unité à $1 + s$, on aura aussi

$$s = -\frac{1}{a^2}\frac{d\varphi}{dt}; \qquad (2)$$

a étant une constante qui représente la vitesse de la propagation du mouvement dans le fluide que l'on considère. L'état de ce fluide à chaque instant ne dépendra donc que de la fonction φ ; or, on aura, pour déterminer cette quantité, l'équation

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = a^2\left(\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2}\right), \qquad (3)$$

laquelle suppose, ainsi que la précédente, que l'on néglige les termes du second ordre par rapport à u, v, w, s.

(2) Au lieu des coordonnées rectangulaires x, y, z, il conviendra mieux d'employer, dans ces différentes équations, des coordonnées polaires qui auront leur origine en un point déterminé du pendule. Soit C ce point, qui sera, par exemple, le centre de gravité de son volume ; supposons que l'axe de rotation soit horizontal ; par cet axe, menons deux plans, l'un vertical et l'autre passant par le point C, et désignons au bout

du temps t, par θ l'angle compris entre eux ; soit aussi γ la distance constante de C à l'axe de rotation ; prenons cet axe fixe pour celui des z, faisons passer le plan des x et y par le point C, et supposons l'axe des y vertical et l'axe des x horizontal : les trois coordonnées x, y, z, du point C seront $\gamma \sin. \theta$, $\gamma \cos. \theta$ et zéro. Désignons par r le rayon vecteur CM du point quelconque M; par le point C menons une parallèle à l'axe fixe ; soit ω l'angle que fait CM avec cette parallèle, et ψ l'angle compris entre le plan de ces deux droites et celui des deux parallèles. Les coordonnées polaires du point M seront r, ψ, ω, et ses coordonnées x, y, z, auront pour expressions :

$$\left.\begin{aligned} x &= \gamma \sin. \theta + r \sin. \omega \sin. (\theta + \psi), \\ y &= \gamma \cos. \theta + r \sin. \omega \cos. (\theta + \psi), \\ z &= r \cos. \omega. \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Après avoir substitué ces valeurs dans la fonction φ, on en déduira

$$\left.\begin{aligned} \frac{d\varphi}{dr} &= \frac{d\varphi}{dx} \sin. \omega \sin. (\theta+\psi) + \frac{d\varphi}{dy} \sin. \omega \cos. (\theta+\psi) + \frac{d\varphi}{dz} \cos. \omega, \\ \frac{d\varphi}{d\omega} &= \frac{d\varphi}{dx} r \cos. \omega \sin. (\theta+\psi) + \frac{d\varphi}{dy} r \cos. \omega \cos. (\theta+\psi) - \frac{d\varphi}{dz} r \sin. \omega, \\ \frac{d\varphi}{d\psi} &= \frac{d\varphi}{dx} r \sin. \omega \cos. (\theta+\psi) - \frac{d\varphi}{dy} r \sin. \omega \sin. (\theta+\psi), \end{aligned}\right\} (5)$$

et réciproquement

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d\varphi}{dx} &= \frac{d\varphi}{dr}\sin.\omega\sin.(\theta+\psi)+\frac{1}{r}\frac{d\varphi}{d\omega}\cos.\omega\sin.(\theta+\psi)\\
&\qquad +\frac{1}{r\sin.\omega}\frac{d\varphi}{d\psi}\cos.(\psi+\theta),\\
\frac{d\varphi}{dy} &= \frac{d\varphi}{dr}\sin.\omega\cos.(\theta+\psi)+\frac{1}{r}\frac{d\varphi}{d\omega}\cos.\omega\cos.(\theta+\psi)\\
&\qquad -\frac{1}{r\sin.\omega}\frac{d\varphi}{d\psi}\sin.(\theta+\psi),\\
\frac{d\varphi}{dz} &= \frac{d\varphi}{dr}\cos.\omega-\frac{1}{r}\frac{d\varphi}{d\omega}\sin.\omega.
\end{aligned}\right\}\quad(6)$$

Quant à la différence partielle $\frac{d\varphi}{dt}$, elle devrait être prise sans faire varier l'angle θ compris dans les valeurs de x, y, z, ou, ce qui est la même chose, en faisant varier t et θ, et retranchant ensuite le produit $\frac{d\varphi}{d\theta}\frac{d\theta}{dt}$; mais $\frac{d\theta}{dt}$ étant la vitesse angulaire du pendule qu'on suppose très-petite, on pourra négliger ce produit, et ne rien changer à la forme de l'équation (2). En même temps, l'équation (3) deviendra par la transformation connue,

$$\frac{d^2.r\varphi}{dt^2}=a^2\left[\frac{d^2.r\varphi}{dr^2}+\frac{1}{r^2\sin.\omega}\frac{d\left(\sin.\omega\frac{d.r\varphi}{d\omega}\right)}{d\omega}+\frac{1}{r^2\sin.^2\omega}\frac{d^2.r\varphi}{d\psi^2}\right].\quad(7)$$

(3) Indépendamment des équations du mouvement que je viens de rappeler et qui sont communes à tous les points du fluide, il y en a d'autres qui n'appartiennent qu'aux points adjacents aux surfaces fixes ou mobiles, contre lesquelles il s'appuie. Lorsqu'un fluide aériforme ou un liquide fait de très-petites vibrations, on admet que les mêmes molécules demeurent en contact, pendant toute la durée du mouvement, avec chaque surface immobile, et ne font que glisser le long de cette surface, sans s'en détacher; or, on peut sup-

poser que cette condition est encore remplie, quand la surface appartient à un solide qui fait lui-même de très-petites oscillations, dont les amplitudes n'excèdent pas, pour fixer les idées, la largeur du corps dans le sens du mouvement; mais il est évident qu'elle n'aurait pas lieu, si le solide avait un mouvement progressif dans l'intérieur du fluide, et même s'il exécutait des oscillations qui ne fussent pas très-petites. D'après l'hypothèse du n° 1, sur le mouvement simultané du pendule et de l'air environnant, nous pourrons donc admettre que les mêmes molécules du fluide restent constamment en contact, soit avec la surface du pendule, soit avec les parois fixes qui terminent le fluide lorsqu'il ne s'étend pas indéfiniment.

Cela posé, soit $L = o$, l'équation de l'une des surfaces. Pour que le point M appartienne à cette surface, au bout du temps t et l'instant d'après, il faudra que les variables t, x, y, z, et leurs valeurs subséquentes $t + dt, x + u\,dt$, $y + v\,dt, z + w\,dt$, satisfassent successivement à l'équation $L = o$; il faudra donc qu'on ait

$$\frac{dL}{dt} + \frac{dL}{dx}u + \frac{dL}{dy}v + \frac{dL}{dz}w = o. \qquad (8)$$

Réciproquement, lorsque cette équation (8) aura lieu pour toutes les valeurs de t, le point M demeurera constamment adjacent à la surface qui répond à $L = o$. Si cette surface est immobile, L ne renfermera pas le temps t explicitement; ce qui fera disparaître le premier terme de l'équation précédente.

On appliquera donc cette équation à la surface du pendule et aux limites fixes de l'air environnant; mais dans les deux

cas, on pourra la présenter sous une autre forme. Sans changer le plan des x et y, ni la direction de l'axe des z, transportons l'origine des coordonnées au point C ; parallèlement à ce plan et par rapport à cette origine, soient x_1 et y_1 les coordonnées du point M; prenons pour axe des y_1, le prolongement de la perpendiculaire abaissée du point C sur l'axe de rotation, et pour celui des x_1, la perpendiculaire à cette droite tirée en dehors de l'angle qu'on a représenté par θ; nous aurons

$$x = \gamma \sin.\theta + x_1 \cos.\theta + y_1 \sin.\theta,$$
$$y = \gamma \cos.\theta - x_1 \sin.\theta + y_1 \cos.\theta,$$

et réciproquement

$$x_1 = x\cos.\theta - y\sin.\theta,$$
$$y_1 = x\sin.\theta + y\cos.\theta - \gamma.$$

Les nouveaux axes des coordonnées étant fixes dans l'intérieur du pendule dont la forme est invariable, le premier membre L de l'équation $L = 0$ de la surface, sera une fonction des x_1, y_1, z; par conséquent on aura

$$\frac{dL}{dt} = \frac{dL}{dy_1}(x\cos.\theta - y\sin.\theta)\frac{d\theta}{dt} - \frac{dL}{dx_1}(x\sin.\theta + y\cos.\theta)\frac{d\theta}{dt},$$
$$\frac{dL}{dx} = \frac{dL}{dy_1}\sin.\theta + \frac{dL}{dx_1}\cos.\theta,$$
$$\frac{dL}{dy} = \frac{dL}{dy_1}\cos.\theta - \frac{dL}{dx_1}\sin.\theta;$$

la différence partielle $\frac{dL}{dz}$ restera la même ; et en ayant égard aux valeurs de x_1 et y_1, l'équation (8) deviendra d'abord

$$\left[\frac{d\mathrm{L}}{dx_1}(\gamma+y_1)-\frac{d\mathrm{L}}{dy_1}x_1\right]\frac{d\theta}{dt}=\frac{d\mathrm{L}}{dx_1}u_1+\frac{d\mathrm{L}}{dy_1}v_1+\frac{d\mathrm{L}}{dz}w, \qquad (9)$$

où l'on a fait

$$u\cos.\theta-v\sin.\theta=u_1,\ u\sin.\theta+v\cos.\theta=v_1,$$

c'est-à-dire, que l'on a représenté par u_1 et v_1, les composantes suivant les axes des x_1 et y_1, de la vitesse de la molécule d'air qui répond au point M.

Par ce point M, appartenant à la surface du pendule, menons une normale; désignons par n, n', n'', les angles que sa partie extérieure fait avec des parallèles aux axes des x, y, z, menées par ce même point; en faisant, pour abréger,

$$\frac{d\mathrm{L}^2}{dx_1^2}+\frac{d\mathrm{L}^2}{dy_1^2}+\frac{d\mathrm{L}^2}{dz^2}=\Lambda^2,$$

et prenant Λ avec un signe convenable, on aura

$$\frac{d\mathrm{L}}{dx_1}=\Lambda\cos.n,\ \frac{d\mathrm{L}}{dy_1}=\Lambda\cos.n',\ \frac{d\mathrm{L}}{dz}=\Lambda\cos.n'';$$

au moyen de quoi l'équation (9) se changera en celle-ci :

$$\left[(\gamma+y_1)\cos.n-x_1\cos.n'\right]\frac{d\theta}{dt}=u_1\cos.n+v_1\cos.n'+w\cos.n''. \qquad (10)$$

En appelant r' la perpendiculaire abaissée du point M sur l'axe de rotation, la vitesse de ce point sera $r'\frac{d\theta}{dt}$; et si l'on désigne par η l'angle que fait sa direction avec la normale extérieure à la surface du pendule, on aura $r'\frac{d\theta}{dt}\cos.\eta$ pour sa composante suivant cette droite. Soient de plus $\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon''$, les

angles que fait la direction du mouvement de M avec les axes des x_1, y_1, z; nous aurons

$$\cos.\ \eta = \cos.\ n \cos.\ \varepsilon + \cos.\ n' \cos.\ \varepsilon' + \cos.\ n'' \cos.\ \varepsilon''.$$

Mais cette direction étant comprise dans le plan des y_1 et x_1, et normale à la droite représentée par r', il est aisé de voir qu'on aura

$$\cos.\ \varepsilon = \frac{\gamma + y_1}{r'},\quad \cos.\ \varepsilon' = -\frac{x_1}{r'},\quad \cos.\ \varepsilon'' = 0\ ;$$

d'où l'on conclut

$$(\gamma + y_1)\cos. n - x_1 \cos.\ n' = r' \cos.\ \eta. \qquad (11)$$

Il s'ensuit que le premier membre de l'équation (10) est la composante normale de la vitesse du point M; son second membre est évidemment la composante suivant la même direction, de la vitesse de la molécule d'air située actuellement au point M; par conséquent l'équation (10), c'est-à-dire l'équation (8) appliquée à la surface du pendule, exprime qu'à chaque point M de cette surface mobile, la molécule d'air adjacente et le point M ont la même vitesse dans le sens normal à cette surface.

Ainsi, en désignant par 8 la vitesse d'une molécule d'air décomposée suivant la normale à la surface du pendule, on aura

$$r' \frac{d\theta}{dt} \cos.\ \eta = 8\ , \qquad (12)$$

pour tous les points de cette surface et pendant toute la durée du mouvement. Relativement aux parois fixes qui terminent le fluide, lorsqu'il ne s'étend pas indéfiniment, la vitesse normale des molécules d'air adjacentes sera constamment égale à zéro.

(4) Formons maintenant l'équation du mouvement du pendule. Pour cela, supposons que le point M, dont les coordonnées sont x, y, z, soit situé dans l'intérieur ou à la surface de ce corps; prenons toujours l'axe de rotation pour celui des z, l'axe des x horizontal, et l'axe des y vertical et dirigé dans le sens de la gravité que nous représenterons par g; soient dm l'élément différentiel de la masse du pendule et $d\mu$ celui de sa surface; désignons enfin par $X\,d\mu$, $Y\,d\mu$, $Z\,d\mu$, les composantes suivant les directions des x, y, z, de la force appliquée à l'élément $d\mu$ et provenant de l'action de l'air extérieur, de sorte que X, Y, Z, soient des fonctions des x, y, z, qui expriment les composantes de cette action rapportée à l'unité de surface et relative à un point quelconque M de la surface du pendule. Nous aurons pour l'équation demandée

$$\int\left(y\frac{d^2x}{dt^2}-x\frac{d^2y}{dt^2}\right)dm+g\int x\,dm+\int(x\mathrm{Y}-y\mathrm{X})\,d\mu=0;$$

la première et la seconde intégrales s'étendent à toute la masse du pendule, et la troisième à sa surface entière.

On peut effectuer immédiatement les deux premières intégrations. En effet, par l'axe des z menons un plan vertical, un plan passant par le point C, un plan passant par le centre de gravité de la masse du pendule, et un plan passant par le point quelconque M de cette même masse. L'angle compris entre les deux premiers plans a été représenté par θ au bout du temps t; appelons ϵ et $\epsilon+\zeta$, les angles constants que font le troisième et le quatrième plans avec le second; l'angle compris entre le quatrième plan et le plan vertical sera $\theta+\epsilon+\zeta$; et si l'on appelle q la distance constante du point M

à l'axe de rotation, on aura

$$x = q \sin.(\theta + \varepsilon + \zeta),\ y = q \cos.(\theta + \varepsilon + \zeta);$$

d'où l'on tire

$$y\frac{d^2x}{dt^2} - x\frac{d^2y}{dt^2} = q^2\frac{d^2\theta}{dt^2}.$$

Soient encore m la masse du pendule, l la distance de son centre de gravité à l'axe de rotation, et $m\,k^2$ son moment d'inertie par rapport à une droite parallèle à cet axe et passant par ce point; son moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation, c'est-à-dire, l'intégrale $\int q^2\,dm$, aura pour valeur $m(l^2 + k^2)$; et il en résultera

$$\int\left(y\frac{d^2x}{dt^2} - x\frac{d^2y}{dt^2}\right)dm = m(l^2 + k^2)\frac{d^2\theta}{dt^2}.$$

Par la nature du centre de gravité, on aura aussi

$$\int x\,dm = m\,l \sin.(\theta + \varepsilon);$$

l'équation du mouvement deviendra donc

$$m(l^2 + k^2)\frac{d^2\theta}{dt^2} + gml\sin.(\theta + \varepsilon) + \int(x\mathrm{Y} - y\mathrm{X})\,d\mu = 0; \quad (13)$$

et il ne restera plus qu'à y substituer les expressions des composantes X et Y.

(5) Dans l'état d'équilibre, représentons par ρ la densité du fluide et par p la pression rapportée à l'unité de surface, qui ont lieu au point M. Dans l'état de mouvement et au bout du temps t, cette densité deviendra $\rho(1 + s)$; en même temps la pression croîtra, comme on sait, dans un plus grand

rapport, et sera exprimée par $p + a^2 \rho s$, ou par $p - \rho \frac{d\varphi}{dt}$, en vertu de l'équation (2). Si le point M appartient à la surface du pendule, cette force s'exercera suivant la normale extérieure ; et en désignant par ν, ν', ν'', les angles qu'elle fait avec les axes des x, y, z, ses composantes suivant leurs directions seront

$$\left(p - \rho \frac{d\varphi}{dt}\right) \cos. \nu, \quad \left(p - \rho \frac{d\varphi}{dt}\right) \cos. \nu', \quad \left(p - \rho \frac{d\varphi}{dt}\right) \cos. \nu''.$$

Mais, outre la pression normale du fluide environnant, le pendule sera encore soumis, en chaque point de sa surface, à une force tangentielle, provenant du frottement du fluide contre ce corps.

Pour en déterminer les composantes, menons par le point M de cette surface, une normale et un plan tangent, et dans ce plan, deux axes rectangulaires ; soient χ, χ', χ'', les composantes de la vitesse de M, suivant ces deux axes et la normale ; désignons par ξ, ξ', ξ'', les quantités analogues relativement à la molécule d'air qui répond actuellement à ce point M; on pourra représenter par $b(\xi - \chi)$ et $b(\xi' - \chi')$, les composantes suivant les axes tangents, du frottement rapporté à l'unité de surface qui aura lieu au point M; b étant un coefficient donné, indépendant de la direction arbitraire de ces deux axes, mais pouvant varier d'un point M à un autre, à raison de la nature de la surface, si elle n'est pas partout la même. De plus, la différence $\xi'' - \chi''$ étant nulle, en vertu de l'équation (12), on pourra ajouter aux deux composantes tangentielles, une force normale exprimée par $b(\xi'' - \chi'')$. Or, si l'on désigne par u', v', w', les composantes parallèles aux axes des x, y, z, de la vitesse

du point M, qui sont u, v, w, relativement à la molécule d'air adjacente, la résultante des trois forces

$$b(\xi - \chi),\ b(\xi' - \chi'),\ b(\xi'' - \chi'')$$

sera la même en grandeur et en direction, d'après les règles de la composition des forces et des vitesses, que celle des forces

$$b(u - u'),\ b(v - v'),\ b(w - w'),$$

agissant suivant les directions des x, y, z, ce qui suppose le coefficient b positif. Nous pourrons donc prendre ces trois dernières forces, pour les composantes du frottement; et cela étant, nous aurons

$$\begin{aligned}
X &= b(u - u') + \left(p - \rho\frac{d\varphi}{dt}\right)\cos.\nu,\\
Y &= b(v - v') + \left(p - \rho\frac{d\varphi}{dt}\right)\cos.\nu',\\
Z &= b(w - w') + \left(p - \rho\frac{d\varphi}{dt}\right)\cos.\nu'',
\end{aligned}$$

pour les valeurs complètes des forces X, Y, Z, dont les deux premières nous étaient seules nécessaires.

(6) D'après la grandeur et la direction de la vitesse du point M appartenant à la surface du pendule, on aura

$$u' = y\frac{d\theta}{dt},\quad v' = -x\frac{d\theta}{dt},$$

pour ses composantes suivant les directions des x et y. Il en résultera donc

$$\begin{aligned}
xY - yX = b(xv - yu) + b(x^2 + y^2)\frac{d\theta}{dt}\\
-\left(p - \rho\frac{d\varphi}{dt}\right)(y\cos.\nu - x\cos.\nu'),
\end{aligned}$$

et, par conséquent,

$$\int(x\mathrm{Y}-y\mathrm{X})\,d\mu=\rho\int(y\cos.\nu-x\cos.\nu')\frac{d\varphi}{dt}d\mu$$
$$+b\int\left(x\frac{d\varphi}{dy}-y\frac{d\varphi}{dx}\right)d\mu+b\sigma\frac{d\theta}{dt}-\varpi,$$

en supposant que le coefficient b soit le même dans toute l'étendue de la surface du pendule, et faisant, pour abréger,

$$\int(x^2+y^2)\,d\mu=\sigma,\quad \int p(y\cos.\nu-x\cos.\nu')\,d\mu=\varpi.$$

Il sera nécessaire d'avoir égard, dans cette dernière intégrale, à la variation de la pression p, produite par la pesanteur de l'air et telle que l'on a

$$p=p'+\rho g y;$$

p' étant une constante qui désigne la valeur de p dans le plan horizontal passant par l'axe de rotation. Pour effectuer l'intégration, supposons que cette verticale rencontre en deux points seulement la surface du pendule; représentons par $d\mu'$ la projection horizontale, commune aux deux éléments de cette surface qui répondent à ces deux points; au point supérieur, l'angle ν' sera aigu, et l'on aura $\cos.\nu'\,d\mu=d\mu'$; au point inférieur on aura $\cos.\nu'\,d\mu=-d\mu'$, à cause que ν' y sera un angle obtus; donc en appelant y' et $y'+h$, les valeurs de y relatives à ces deux points, il en résultera

$$-[p'+\rho g(y'+h)]x\,d\mu'+(p'+\rho g y')x\,d\mu'=-\rho g h x\,d\mu',$$

pour la partie de l'intégrale $\int p x\cos.\nu'\,d\mu$, correspondante

aux deux éléments que l'on considère, et conséquemment $-g\rho\int x\,h\,d\mu'$ pour l'intégrale entière. Or, en appelant V le volume du pendule, et observant que $\gamma \sin.(\theta+\varepsilon)$ est la distance de son centre de gravité au plan des y et z, on a

$$\int x\,h\,d\mu' = V\gamma \sin.(\theta+\varepsilon),$$

à cause que $x\,h\,d\mu'$ est l'élément de V parallèle à ce plan. On a aussi

$$V\rho = m\,\delta,$$

en désignant par δ le rapport de la densité de l'air à la densité moyenne du pendule. Nous aurons, par conséquent,

$$\int p\,x\cos.\nu'\,d\mu = -g\rho\int x\,h\,d\mu' = -gm\delta\gamma\sin.(\theta+\varepsilon).$$

En décomposant le pendule en éléments parallèles au plan de x et z, on trouvera de même

$$\int py\cos.\nu\,d\mu = 0,$$

à cause que p ne varie pas dans le sens horizontal. On aura donc finalement

$$\varpi = gm\delta\gamma\sin.(\theta+\varepsilon).$$

Je substitue cette valeur de ϖ dans celle de $\int(x\mathrm{Y}-y\mathrm{X})\,d\mu$, et ensuite celle-ci dans l'équation (13); il vient

$$\left.\begin{aligned} &m(l^2+k^2)\frac{d^2\theta}{dt^2}+gm(l-\delta\gamma)\sin.(\theta+\varepsilon)\\ &\qquad+\rho\int\left(y\cos.\nu-x\cos.\nu'\right)\frac{d\varphi}{dt}\,d\mu\\ &\qquad-b\int\left(y\frac{d\varphi}{dx}-x\frac{d\varphi}{dy}\right)d\mu+b\sigma\frac{d\theta}{dt}=0. \end{aligned}\right\}(14)$$

(7) Le problème consistera donc maintenant à résoudre simultanément les équations (7), (12), (14), et celles qui répondent aux limites fixes du fluide. Mais la solution serait trop compliquée dans le cas général d'un pendule de forme quelconque; et pour la simplifier, je supposerai que ce corps soit une sphère, traversée par l'axe de rotation, ou attachée à cet axe par une tige ou un fil assez mince pour qu'on puisse négliger l'action de l'air sur cette partie, et n'avoir égard qu'à l'action de ce fluide sur la sphère, dont je représenterai le rayon par c.

Or, suivant le prolongement de son rayon vecteur r, la vitesse de la molécule d'air située au point M, est $\frac{d\varphi}{dr}$; et ce rayon étant, dans notre hypothèse, la normale à la surface du pendule, il faudra donc mettre à la place de δ dans l'équation (12), la valeur de $\frac{d\varphi}{dr}$ qui répond à $r=c$. Dans la même hypothèse, on aura

$$\cos.n=\frac{x_1}{c}, \qquad \cos.n'=\frac{y_1}{c},$$

et, en vertu de l'équation (11),

$$r'\cos.\eta=\frac{\gamma x_1}{c}=\frac{\gamma}{c}(x\cos.\theta-y\sin.\theta),$$

ou bien encore

$$r'\cos.\eta=\gamma\sin.\omega\sin.\psi,$$

d'après les deux premières équations (4). Par conséquent l'équation (12) deviendra

$$\frac{d\theta}{dt}\gamma\sin.\omega\sin.\psi=\frac{d\varphi}{dr}, \qquad (15)$$

où l'on fera $r=c$ après la différentiation.

On pourra prendre

$$d\mu = c^3 \sin.\omega\, d\omega\, d\psi,$$

et étendre les intégrales depuis $\omega = 0$ et $\psi = 0$, jusqu'à $\omega = \pi$ et $\psi = 2\pi$, en désignant par π le rapport de la circonférence au diamètre. Les équations (4) donnant à la surface de la sphère

$$x^2 + y^2 = \gamma^2 + 2c\gamma \sin.\omega \cos.\psi + c^2 \sin.^2\omega,$$

on en conclura

$$\sigma = 4\pi c^2 (\gamma^2 + \tfrac{1}{3} c^2).$$

En vertu des équations (4) et (6), on a

$$y\frac{d\varphi}{dx} - x\frac{d\varphi}{dy} = \gamma \frac{d\varphi}{dr} \sin.\omega \sin.\psi + \frac{\gamma}{r}\frac{d\varphi}{d\omega} \cos.\omega \sin.\psi + \frac{\gamma}{r \sin.\omega}\frac{d\varphi}{d\psi} \cos.\psi + \frac{d\varphi}{d\psi}.$$

Quelle que soit la valeur de φ, elle doit être la même, ainsi que celle de $\varphi \cos.\psi$, aux deux limites $\psi = 0$ et $\psi = 2\pi$, qui répondent à un même point du fluide; d'où l'on conclut

$$\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{d\psi} d\psi = 0, \quad \int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{d\psi} \cos.\psi\, d\psi = \int_0^{2\pi} \varphi \sin.\psi\, d\psi.$$

L'intégration par partie donne aussi

$$\int_0^{\pi} \frac{d\varphi}{d\omega} \cos.\omega \sin.\omega\, d\omega = \int_0^{\pi} \varphi (\sin.^2\omega - \cos.^2\omega)\, d\omega.$$

En ayant égard à l'équation (15), et effectuant les intégrations, on trouve

$$\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{dr} \sin.^2\omega \sin.\psi\, d\omega\, d\psi = \frac{4\pi}{3}\gamma \frac{d\theta}{dt}.$$

Cela étant, on aura, à la surface du pendule,

$$\int\left(y\frac{d\varphi}{dx}-x\frac{d\varphi}{dy}\right)d\mu=\frac{4\pi}{3}\gamma^2c^2\frac{d\theta}{dt}$$
$$+2\gamma c\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}\varphi\sin.^2\omega\sin.\psi\,d\omega\,d\psi.$$

Les angles ν et ν' étant ceux que le rayon de la sphère qui aboutit au point M, fait avec des parallèles aux axes des x et y, menées par le même point (n° 5), on aura

$$\cos.\nu=\frac{\gamma\sin.\theta-x}{c},\qquad \cos.\nu'=\frac{\gamma\cos.\theta-y}{c};$$

d'où il résulte

$$y\cos.\nu-x\cos.\nu'=\frac{\gamma(y\sin.\theta-x\cos.\theta)}{c}=-\gamma\sin.\omega\sin.\psi,$$

et, par conséquent,

$$\int(y\cos.\nu-x\cos.\nu')\frac{d\varphi}{dt}d\mu$$
$$=-\gamma c^2\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}\frac{d\varphi}{dt}\sin.^2\omega\sin.\psi\,d\omega\,d\psi.$$

Je substitue ces différentes valeurs dans l'équation (14); pour plus de simplicité, je suppose que les centres de gravité du pendule et de son volume soient situés dans un même plan passant par l'axe de rotation, ce qui rendra nul l'angle ϵ; je remplace, en outre, sin.θ par θ, à cause que les oscillations sont très-petites; cette équation devient

$$\left.\begin{aligned} &m(l^2+k^2)\frac{d^2\theta}{dt^2}+\frac{4\pi bc^2}{3}(2\gamma^2+c^2)\frac{d\theta}{dt}+gm(l-\delta\gamma)\theta \\ &\quad=\rho\gamma c^2\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}\frac{d\varphi}{dt}\sin.^2\omega\sin.\psi\,d\omega\,d\psi \\ &\qquad+2b\gamma c\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}\varphi\sin.^2\omega\sin.\psi\,d\omega\,d\psi. \end{aligned}\right\}(16)$$

Les équations relatives aux oscillations simultanées d'une sphère et de l'air environnant, sont donc les équations (7), (15), (16), auxquelles on joindra celle qui a lieu aux limites du fluide, et les équations qui expriment l'état initial du système. Je supposerai que le pendule a été mis en mouvement en l'écartant un tant soit peu de sa position d'équilibre, sans lui imprimer aucune vitesse, et qu'à l'origine du mouvement, toute la masse d'air était en repos et n'avait été ni condensée ni dilatée dans aucune partie. En désignant par α un angle très-petit et donné, on aura alors

$$\theta=\alpha,\quad \frac{d\theta}{dt}=0,\quad \varphi=0,\quad \frac{d\varphi}{dt}=0, \qquad (17)$$

pour $t=0$. Les deux dernières équations auront lieu pour toutes les valeurs de r plus grandes que c, lorsque le fluide se prolongera indéfiniment, et seulement, dans le cas contraire, pour toutes les valeurs de r plus grandes que c et moindres que le rayon vecteur d'un point quelconque de la surface limite, lequel sera donné en fonction de ω et ψ. Dans ces deux cas, elles subsisteront pour toutes les valeurs de ces deux angles.

§ II.

Résolution des équations précédentes.

(8) Désignons, en général, par V_n une fonction rationnelle, entière et du degré n, des trois quantités $\cos.\omega$, $\sin.\omega \sin.\psi$, $\sin.\omega \cos.\psi$, qui satisfasse à l'équation :

$$\frac{1}{\sin.\omega}\frac{d\left(\sin.\omega\frac{dV_n}{d\omega}\right)}{d\omega}+\frac{1}{\sin.^2\omega}\frac{d^2V_n}{d\psi^2}+n(n+1)V_n=0, \qquad (a)$$

et qui pourra contenir r et t d'une manière quelconque. Toute fonction des deux angles θ et ψ peut s'exprimer en série convergente, composée de quantités de la nature de V_n, ainsi que je l'ai prouvé dans un autre Mémoire (*). Nous pouvons donc supposer qu'on ait

$$r\varphi = V_0 + V_1 + V_2 + \ldots\ldots + V_n + \text{etc.}$$

Je substitue cette série dans l'équation (7) qui devra subsister pour chaque terme en particulier, d'après la nature des quantités V_n. En ayant égard à l'équation (a), on aura généralement

$$\frac{d^2V_n}{dt^2}=a^2\left[\frac{d^2V_n}{dr^2}-\frac{n(n+1)}{r^2}V_n\right];$$

équation qui s'intégrera sous forme finie (**), et dont l'intégrale complète contiendra deux fonctions arbitraires, l'une

(*) *Additions* à la Connaissance des temps de 1831.

(**) Journal de l'école Polytechnique, 19^e cahier, page 221.

de $r-at$ et l'autre de $r+at$. Pour $n=1$, par exemple, on aura

$$V_1=\frac{1}{r}[F(r-at)+F'(r+at)]-\frac{dF(r-at)}{dr}-\frac{dF'(r+at)}{dr}; \quad (b)$$

F et F' désignant ces deux fonctions.

Pour satisfaire aux deux dernières équations (17), il faudra que les deux fonctions arbitraires, contenues dans chacune des quantités V_n, s'évanouissent quand $t=0$. Si donc le fluide s'étend indéfiniment, les deux fonctions Fr et $F'r$ seront nulles, pour toutes les valeurs de r positives et plus grandes que c; par conséquent, $F'(r+at)$ sera constamment nulle dans toute la masse d'air, et $F(r-at)$ n'aura de valeur autre que zéro, que quand la différence $r-at$ sera devenue moindre que c, c'est-à-dire lorsqu'on aura

$$t>\frac{r-c}{a}.$$

Il en sera de même à l'égard des fonctions de $r+at$ et $r-at$ renfermées dans les autres quantités V_n; en sorte que la valeur totale de φ ne contiendra plus que des fonctions de $r-at$ qui ne cesseront d'être nulles pour un point quelconque M, que quand le produit at surpassera son rayon vecteur r, diminué du rayon c de la sphère.

Je mets cette valeur de φ dans le second membre de l'équation (15), et je fais $r=c$ après la différentiation relative à r. Cette équation devant être identique par rapport à ω et ψ, et son premier membre étant une quantité de la nature de V_1, il en résulte que toutes les autres quantités V_n seront nulles pour $r=c$; la fonction de $r-at$ que chacune d'elles contient, s'évanouira donc pour cette valeur particulière

de r; mais cela ayant lieu quel que soit t, il s'ensuit qu'elle sera aussi nulle pour toutes les valeurs de $r-at$; par conséquent, chacune des quantités V_n, excepté V_1, sera constamment nulle, et à un instant et en un point quelconques, la valeur de φ se réduira à

$$\varphi=\frac{1}{r}V_1.$$

De plus, l'expression la plus générale de V_1, est la somme des trois quantités $\sin.\omega\sin.\psi, \sin.\omega\cos.\psi, \cos.\omega$, multipliées par des coefficients indépendants de ω et ψ; mais les deux dernières n'entrant pas dans le premier membre de l'équation (15), il faut qu'elles manquent aussi dans l'expression de V_1. D'après la formule (b), et en y supprimant la fonction F', la valeur de φ sera donc

$$\varphi=\left[\frac{1}{r^2}f(r-at)-\frac{1}{r}\frac{df(r-at)}{dr}\right]\sin.\omega\sin.\psi; \qquad (c)$$

f désignant une fonction indépendante de ω et ψ, qui est nulle pour toutes les valeurs de r plus grandes que $at+c$.

(9) Faisons $r=c$ dans cette fonction, et ensuite

$$f(c-at)=\zeta;$$

d'où l'on tire

$$\frac{df(r-at)}{dr}=-\frac{1}{a}\frac{d\zeta}{dt}, \quad \frac{d^2f(r-at)}{dr^2}=\frac{1}{a^2}\frac{d^2\zeta}{dt^2},$$

pour cette même valeur $r=c$, et par conséquent,

$$\varphi=\left(\zeta+\frac{c}{a}\frac{d\zeta}{dt}\right)\frac{\sin.\omega\sin.\psi}{c^2},$$

$$\frac{d\varphi}{dt}=\left(\frac{d\zeta}{dt}+\frac{c}{a}\frac{d^2\zeta}{dt^2}\right)\frac{\sin.\omega\sin.\psi}{c^2},$$

$$\frac{d\varphi}{dr}=-\left(2\zeta+\frac{2c}{a}\frac{d\zeta}{dt}+\frac{c^2}{a^2}\frac{d^2\zeta}{dt^2}\right)\frac{\sin.\omega\sin.\psi}{c^3}.$$

L'équation (15) deviendra donc

$$\gamma c^3 \frac{d\theta}{dt} + 2\zeta + \frac{2c}{a}\frac{d\zeta}{dt} + \frac{c^2}{a^2}\frac{d^2\zeta}{dt^2} = 0; \qquad (d)$$

et si l'on substitue les valeurs de φ et $\frac{d\varphi}{dt}$ dans le second membre de l'équation (16), et qu'on effectue les intégrations par rapport à θ et ψ, on trouve

$$m(l^2 + k^2)\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{4\pi b c^3}{3}(2\gamma^2 + c^2)\frac{d\theta}{dt} + gm(l - \gamma\delta)\theta$$
$$= \frac{4\pi\rho\gamma}{3}\left(\frac{d\zeta}{dt} + \frac{c}{a}\frac{d^2\zeta}{dt^2}\right) + \frac{8\pi b\gamma}{3c}\left(\zeta + \frac{c}{a}\frac{d\zeta}{dt}\right).$$

En éliminant au moyen de l'équation précédente, dans le second membre de celle-ci, la quantité $\zeta + \frac{c}{a}\frac{d\zeta}{dt}$ et sa différentielle, il devient

$$-\frac{2\pi\rho c^3\gamma^2}{3}\frac{d^2\theta}{dt^2} - \frac{2\pi\rho c^2\gamma}{3a^2}\frac{d^3\zeta}{dt^3}$$
$$-\frac{4\pi b c^2\gamma^2}{3}\frac{d\theta}{dt} - \frac{4\pi b c\gamma}{3a^2}\frac{d^2\zeta}{dt^2}.$$

Si donc on observe que

$$\frac{2\pi\rho c^3}{3} = \tfrac{1}{2} m\delta,$$

que l'on divise par $m(l^2 + k^2 + \frac{1}{2}\delta\gamma^2)$, et qu'on fasse

$$\frac{l^2 + k^2 + \frac{1}{2}\delta\gamma^2}{l - \delta\gamma} = \lambda, \qquad (e)$$

la dernière équation prendra la forme :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\mathcal{E}\frac{d\theta}{dt} + \frac{g}{\lambda}\theta + \frac{2\mathcal{E}\gamma}{a^2 c(3\gamma^2 + c^2)}\frac{d^2\zeta}{dt^2} + \frac{\delta\gamma}{2a^2 c\lambda(l - \delta\gamma)}\frac{d^3\zeta}{dt^3} = 0, \qquad (f)$$

où l'on a fait, aussi pour abréger,

$$\frac{4\pi b c^3(3\gamma^2+c^2)}{3m\lambda(l-\delta\gamma)}=2\mathcal{E}.$$

La question est donc réduite à l'intégration des deux équations (d) et (f), linéaires, du second ordre et à coefficients constants. D'après les équations (17), on déterminera les quatre constantes arbitraires que contiendront leurs intégrales complètes, de manière qu'on ait

$$\theta=\alpha,\quad \frac{d\theta}{dt}=0,\quad \zeta=0,\quad \frac{d\zeta}{dt}=0, \qquad (g)$$

quand $t=0$; et cela fait, les deux inconnues θ et ζ seront déterminées en fonctions de t. L'expression de θ fera connaître le mouvement du pendule pendant toute sa durée; en supposant $t>\frac{r-c}{a}$, on pourra mettre $t-\frac{r-c}{a}$ à la place de t dans la valeur de ζ, qui deviendra par là celle de $f(r-at)$; et la formule (c) ne renfermant plus rien d'inconnu, on en déduira la condensation et les composantes de la vitesse du fluide, à un instant et en un point quelconques.

(10) Pour intégrer les équations (d) et (f), je fais

$$\theta=Ae^{\mu t},\quad \zeta=Be^{\mu t};$$

A, B, μ, étant des constantes inconnues, et e désignant la base des logarithmes népériens. La substitution de ces valeurs donne

$$\left.\begin{aligned} A\left(\mu^2+2\mathcal{E}\mu+\frac{g}{\lambda}\right)&=-\frac{B\gamma\mu^2}{a^2c}\left[\frac{2\mathcal{E}}{3\gamma^2+c^2}+\frac{\delta\mu}{2\lambda(l-\delta\gamma)}\right],\\ B\left(1+\frac{c\mu}{a}+\frac{c^2\mu^2}{2a^2}\right)&=-\tfrac{1}{2}A\gamma c^3\mu. \end{aligned}\right\}(h)$$

Je multiplie ces équations membre à membre, et je supprime dans le produit, le facteur commun AB; il vient

$$\left(\mu^2+2\epsilon\mu+\frac{g}{\lambda}\right)\left(1+\frac{c\mu}{a}+\frac{c^2\mu^2}{2a^2}\right)=\frac{\gamma^2c^2\mu^3}{a^2}\left[\frac{\epsilon}{3\gamma^2+c^2}+\frac{\delta\mu}{4\lambda(l-\delta\gamma)}\right];(i)$$

équation qui donnera pour μ quatre valeurs différentes.

La vitesse a étant très-grande, et les quantités ϵ et δ très-petites, on calculera les valeurs de μ qui ne sont pas très-grandes, en négligeant le second membre de l'équation (i), et réduisant à l'unité, le second facteur de son premier membre. On aura donc simplement

$$\mu^2+2\epsilon\mu+\frac{g}{\lambda}=0;$$

d'où l'on tire, à très-peu près,

$$\mu=-\epsilon\pm\sqrt{\frac{g}{\lambda}}\sqrt{-1};$$

et en vertu de la seconde équation (h), les valeurs correspondantes de B seront, aussi à très-peu près,

$$B=\tfrac{1}{2}A\gamma c^3\left(\epsilon\mp\sqrt{\frac{g}{\lambda}}\sqrt{-1}\right).$$

En faisant usage de ces deux valeurs de μ, nous aurons donc

$$\theta=e^{-\epsilon t}\left(Ae^{t\sqrt{\frac{g}{\lambda}}\sqrt{-1}}+A'e^{-t\sqrt{\frac{g}{\lambda}}\sqrt{-1}}\right),$$

$$\zeta=\tfrac{1}{2}\gamma c^3e^{-\epsilon t}\left\{A\left(\epsilon-\sqrt{\frac{g}{\lambda}}\sqrt{-1}\right)e^{t\sqrt{\frac{g}{\lambda}}\sqrt{-1}}+A'\left(\epsilon+\sqrt{\frac{g}{\lambda}}\sqrt{-1}\right)e^{-t\sqrt{\frac{g}{\lambda}}\sqrt{-1}}\right\};$$

A et A′ étant deux constantes arbitraires. En les changeant

en deux autres C et C′, on pourra faire disparaître les imaginaires, et mettre ces expressions sous la forme :

$$\left.\begin{aligned}\theta &= e^{-\epsilon t}\left(\mathrm{C}\cos.t\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}+\mathrm{C}'\sin.t\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}\right),\\ \zeta &= \tfrac{1}{2}\gamma c^3 e^{-\epsilon t}\left[\left(\mathrm{C}\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}+\mathrm{C}'\epsilon\right)\sin.t\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}\right.\\ &\qquad\left.+\left(\mathrm{C}\epsilon-\mathrm{C}'\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}\right)\cos.t\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}\right].\end{aligned}\right\}\ (k)$$

Relativement aux très-grandes valeurs de μ, on pourra réduire à son premier terme, le premier facteur du premier membre de l'équation (i); en divisant par μ^2, on aura alors

$$1+\frac{c}{a}\left(1-\frac{\epsilon c\gamma^2}{a(3\gamma^2+c^2)}\right)\mu+\frac{c^2\mu^2}{2a^2}\left[1-\frac{\delta\gamma^2}{2\lambda(l-\delta\gamma)}\right]=0,$$

ou simplement

$$1+\frac{c}{a}\mu+\frac{c^2}{2a^2}\mu^2=0,$$

à cause de la petitesse de $\frac{\epsilon c}{a}$ et δ. On en déduit

$$\mu=-\frac{a}{c}(1\mp\sqrt{-1}).$$

D'après la première équation (h), les valeurs correspondantes de A seront, à très-peu près,

$$\mathrm{A}=\frac{\delta\gamma(1\mp\sqrt{-1})}{2ac^2\lambda l}\mathrm{B};$$

nous aurons donc

$$\zeta=e^{-\frac{at}{c}}\left(\mathrm{B}e^{\frac{at}{c}\sqrt{-1}}+\mathrm{B}'e^{-\frac{at}{c}\sqrt{-1}}\right),$$

$$\theta=\frac{\delta\gamma}{2ac^2\lambda l}e^{-\frac{at}{c}}\left(\mathrm{B}(1-\sqrt{-1})e^{\frac{at}{c}\sqrt{-1}}+\mathrm{B}'(1+\sqrt{-1})e^{-\frac{at}{c}\sqrt{-1}}\right);$$

B et B′ étant des constantes arbitraires. En les changeant en d'autres D et D′ et faisant disparaître les imaginaires, on aura

$$\left.\begin{aligned}\zeta &= e^{-\frac{at}{c}}\left(\mathrm{D}\cos.\frac{at}{c}+\mathrm{D}'\sin.\frac{at}{c}\right),\\ \theta &= \frac{\delta\gamma}{2ac^2\lambda l}e^{-\frac{at}{c}}\left[(\mathrm{D}-\mathrm{D}')\cos.\frac{at}{c}+(\mathrm{D}+\mathrm{D}')\sin.\frac{at}{c}\right].\end{aligned}\right\}\ (l)$$

En réunissant les formules (k) et (l), on aura les intégrales complètes des équations (d) et (f); et si l'on détermine les constantes arbitraires, en négligeant les termes du deuxième ordre par rapport à $6, \delta, \frac{1}{a}$, on trouve

$$\mathrm{C}=\alpha,\quad \mathrm{C}'=\alpha 6\sqrt{\frac{\lambda}{g}},\quad \mathrm{D}=0,\quad \mathrm{D}'=-\frac{\alpha\gamma c^4 g}{2a\lambda};$$

en sorte que l'on aura, à un instant quelconque et à ce degré d'approximation,

$$\left.\begin{aligned}\theta &= \alpha e^{-6t}\left(\cos.t\sqrt{\frac{g}{\lambda}}+6\sqrt{\frac{\lambda}{g}}\sin.t\sqrt{\frac{g}{\lambda}}\right),\\ \zeta &= -\frac{\alpha\gamma c^4 g}{2a\lambda}e^{-\frac{at}{c}}\sin.\frac{at}{c}+\tfrac{1}{2}\alpha\gamma c^3\sqrt{\frac{g}{\lambda}}e^{-6t}\sin.t\sqrt{\frac{g}{\lambda}}.\end{aligned}\right\}(m)$$

(11) Nous examinerons en premier lieu le mouvement du fluide. D'après ce qu'on a vu dans le n° 8, la molécule située au point M commencera à s'ébranler au bout d'un temps égal à $\frac{r-c}{a}$; par conséquent, le mouvement se propagera dans toutes les directions autour du pendule, avec une vitesse constante et égale à a. Il consistera pour chaque molécule, en deux sortes de vibrations, correspondantes aux

deux termes de la seconde formule (m). Les unes seront très-rapides; la durée de chaque vibration entière étant égale à $\frac{\pi c}{a}$. Elles produiraient un son très-aigu; mais elles ne seront pas sensibles à l'oreille, à cause que leurs amplitudes et les vitesses des molécules décroîtront avec une très-grande rapidité en raison de l'exponentielle $e^{-\frac{at}{c}}$. La durée de chacune des autres vibrations sera la même que celle des oscillations du pendule; et elles décroîtront successivement suivant la même loi que ces oscillations. Elles seront trop lentes pour produire un son appréciable; cependant il sera bon de les comparer entre elles, à différentes distances du pendule et suivant différentes directions.

Pour cela, je réduis à son second terme, la valeur de ζ ou de $f(c-at)$; je suppose $t > \frac{r-c}{a}$, et j'y mets $t-\frac{r-c}{a}$ au lieu de t; il en résulte

$$f(r-at) = \tfrac{1}{2}\alpha\gamma c^3\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}\,e^{-\frac{6}{a}(at-r+c)}\sin.\left(\frac{at-r+c}{a}\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}\right).$$

En vertu de l'équation (c), et en négligeant toujours le terme multiplié par $\frac{6}{a}$, on aura

$$\varphi = \frac{\alpha\gamma c^3}{2r^2}\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}\left[\sin.\left(\frac{at-r+c}{a}\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}\right) + \frac{r}{a}\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}\cos.\left(\frac{at-r+c}{a}\sqrt{\tfrac{g}{\lambda}}\right)\right]e^{-\frac{6}{a}(at-r+c)}\sin.\omega\sin.\psi.$$

On pourra aussi négliger le second terme de la quantité comprise entre les crochets, par rapport au premier; car il

est évident qu'il ne deviendra comparable à celui-ci qu'à une distance où cette valeur de φ et le mouvement de l'air seront tout-à-fait insensibles.

Si l'on décompose la vitesse de la molécule d'air située au point M, suivant trois axes rectangulaires, dont l'un soit le prolongement du rayon vecteur r, l'autre compris dans le plan de ce rayon et de la parallèle à l'axe de rotation menée par son origine C, le troisième perpendiculaire à ce plan, et que l'on représente par V, U, W, les trois composantes, on aura

$$V=\frac{d\varphi}{dr},\quad U=\frac{1}{r}\frac{d\varphi}{d\omega},\quad W=\frac{1}{r\sin.\omega}\frac{d\varphi}{d\psi}.$$

En effet, x', y', z', étant les coordonnées rectangulaires du point M, rapportées à des axes fixes quelconques, les trois composantes suivant leurs directions seront $\frac{d\varphi}{dx'}$; $\frac{d\varphi}{dy'}$, $\frac{d\varphi}{dz'}$; or, à l'instant que l'on considère, si l'on fait coïncider ces trois axes avec les précédents, on aura

$$dx'=dr,\quad dy'=rd\omega,\quad dz'=r\sin.\omega d\psi;$$

d'où il résulte les valeurs citées de V, U, W, auxquelles on parvient aussi par les formules de la transformation des coordonnées. D'après la valeur de φ, nous aurons donc, à très-peu près,

$$V=-\frac{c^3}{r^3}T\sin.\omega\sin.\psi,\ U=\frac{c^3}{2r^3}T\cos.\omega\sin.\psi,\ W=\frac{c^3}{2r^3}T\cos\psi,$$

en faisant, pour abréger,

$$T=\alpha\gamma\sqrt{\frac{g}{\lambda}}e^{-\frac{6}{a}(at-r+c)}\sin.\left(\frac{at-r+c}{a}\sqrt{\frac{g}{\lambda}}\right).$$

Cette quantité T ne variera qu'à raison du temps écoulé depuis que le mouvement de chaque molécule aura commencé; d'où il résulte que, toutes choses d'ailleurs égales, les vitesses des molécules-fluides décroîtront en raison inverse du cube de la distance au centre du pendule sphérique. La condensation décroîtra moins rapidement, et seulement en raison inverse du carré; car, en vertu de la formule (2), on aura, aussi à très-peu près,

$$s = -\frac{\alpha\gamma c^3 g}{2a^2\lambda r^2} e^{-\frac{6}{a}(at-r+c)} \cos.\left(\frac{at-r+c}{a}\sqrt{\frac{g}{\lambda}}\right) \sin.\omega \sin.\psi.$$

Suivant différentes directions autour du centre du mouvement, l'état du fluide sera très-différent. Dans le plan passant par le centre du pendule et par son axe de rotation, on a $\psi = 0$; la condensation est donc nulle, ainsi que la vitesse dirigée dans ce plan; et les molécules-fluides se meuvent perpendiculairement à ce même plan, avec la vitesse W, laquelle est la même pour tous les points également éloignés du centre. Au contraire dans le plan passant par ce point, perpendiculaire au précédent et où l'on a $\psi = \frac{1}{2}\pi$, la vitesse des molécules est dirigée dans ce plan; sur les différents rayons partant du centre, elle varie en grandeur et en direction: dans le sens du mouvement du pendule, c'est-à-dire, sur le rayon qui répond à $\omega = \frac{1}{2}\pi$, cette vitesse est dirigée suivant ce rayon et égale à $\frac{c^3}{r^3}$T, abstraction faite du signe; dans le sens perpendiculaire, elle est moitié moindre et normale au rayon vecteur.

(12) La première équation (*m*) montre que le mouvement du pendule sphérique est celui d'un pendule simple qui

aurait λ pour longueur et qui oscillerait dans un milieu dont la résistance serait proportionnelle à la première puissance de la vitesse; et l'on voit par la valeur de ϵ du n° 9 que cette résistance provient uniquement du frottement de l'air contre la sphère.

Lorsqu'on n'a point égard à l'état de mouvement du fluide, et que l'on prend, suivant la règle de l'hydrostatique, le poids du fluide déplacé par le pendule pour la diminution de son poids dans ce fluide, la longueur du pendule simple est, comme on sait,

$$\frac{l^2+k^2}{l-\delta\gamma}.$$

En comparant cette valeur à la formule (e), on voit donc que la considération de l'état de mouvement de l'air, augmente la longueur du pendule simple, de la quantité

$$\frac{\frac{1}{2}\delta\gamma^2}{l-\delta\gamma}.$$

En négligeant le carré de δ, on peut écrire l'équation (e) sous cette forme :

$$\lambda=\frac{l^2+k^2}{l-\delta\gamma\left[1+\frac{\gamma l}{2(l^2+k^2)}\right]};$$

ce qui montre que la correction qu'on appelle *la réduction au vide* se trouve augmentée par le mouvement de l'air, dans le rapport de $1+\frac{\gamma l}{2(l^2+k^2)}$ à l'unité. Dans le pendule de Borda, on a sensiblement $\gamma=l$, et k^2 est très-petit relativement à l^2; ce rapport est donc, à très-peu près, celui de 3 à 2. Selon M. Bessel, il serait encore plus grand, et la réduction

au vide serait augmentée dans le rapport de 1,9459 à l'unité, ou presque doublée. Mais le rapport que nous trouvons se rapproche davantage de l'expérience directe, faite en Angleterre par M. Sabine et citée dans le préambule de ce Mémoire : suivant cette expérience, le nombre des oscillations dans le vide a excédé de 10,36 en vingt-quatre heures celui des oscillations du même pendule dans l'air ; la différence de ces deux nombres, calculée à la manière ordinaire, ou sans avoir égard au mouvement du fluide, aurait été seulement de 6,26 ; d'où il résulte que par ce mouvement la réduction au vide se trouve augmentée dans le rapport de 10,36 à 6,26, ou de 1,655 à l'unité ; ce qui diffère peu de celui de 3 à 2 que donne la théorie.

(13) Supposons qu'on fasse osciller le pendule auquel se rapporte l'équation (*e*), autour d'un second axe parallèle au premier, et que le plan de ces deux axes renferme les centres de gravité du pendule et de son volume. Désignons par x la distance mutuelle de ces deux droites ; les distances de ces centres au second axe seront $x-l$ et $x-\gamma$; et si l'on appelle λ', ce que devient λ, on aura

$$\lambda' = \frac{(x-l)^2 + k^2 + \frac{1}{2}\delta(x-\gamma)^2}{x-l-\delta(x-\gamma)}.$$

Lorsque la durée de chaque oscillation sera la même autour des deux axes, on aura $\lambda' = \lambda$, et, par conséquent,

$$\frac{(x-l)^2 + k^2 + \frac{1}{2}\delta(x-\gamma)^2}{x-l-\delta(x-\gamma)} = \frac{l^2 + k^2 + \frac{1}{2}\delta\gamma^2}{l-\delta\gamma}.$$

Dans le vide, cette équation se réduit à

$$x - l + \frac{k^2}{x-l} = l + \frac{k^2}{l},$$

d'où l'on tire

$$x=2l \text{ et } x=l+\frac{k^2}{l}.$$

La seconde valeur de x qui est la même que celle de λ, renferme le théorème connu d'Huyghens sur la réciprocité des axes de suspension et d'oscillations. Mais ce théorème, sur lequel on a fondé un moyen ingénieux de déterminer la longueur du pendule simple, correspondant à un pendule composé, cesse d'avoir lieu, quand on a égard à l'action de l'air environnant, lors même que le pendule est supposé homogène.

En effet, on a alors $\gamma=l$; l'équation $\lambda'=\lambda$ devient

$$(x-l)(1+\tfrac{1}{2}\delta)+\frac{k^2}{x-l}=l(1+\tfrac{1}{2}\delta)+\frac{k^2}{l},$$

et l'on en déduit

$$x=2l \text{ et } x=l+\frac{k^2}{l(1+\frac{1}{2}\delta)}.$$

Or, cette seconde valeur de x n'est point égale à λ, comme dans le cas du vide, en sorte qu'il ne suffira plus de mesurer la distance mutuelle de deux axes synchrones, non également éloignés du centre de gravité, pour connaître la longueur du pendule simple.

Supposons toujours le pendule homogène et que les deux axes parallèles soient synchrones dans l'air. Les distances inégales du centre de gravité à ces deux axes seront l et $x-l$; on aura, pour la seconde,

$$x-l=\frac{k^2}{(1+\frac{1}{2}\delta)l};$$

et selon que k^2 sera plus grand ou moindre que $(1+\frac{1}{2}\delta)l^2$,

cette seconde distance sera plus grande ou plus petite que la première. Soit, pour fixer les idées, $k^2 < (1 + \frac{1}{2}\delta) l^2$. Représentons par μ et μ', les longueurs du pendule simple qui répondent dans le vide au premier et au second axe de suspension. Nous aurons

$$\mu = l + \frac{k^2}{l}, \quad \mu' = x - l + \frac{k^2}{x - l};$$

d'après la valeur de $x - l$, celle de μ' est la même chose que

$$\mu' = (1 + \tfrac{1}{2}\delta) l + \frac{k^2}{(1 + \frac{1}{2}\delta) l};$$

d'où l'on conclut

$$\mu' - \mu = \frac{\delta}{(2 + \delta) l} [(1 + \tfrac{1}{2}\delta) l^2 - k^2];$$

et cette quantité étant positive, dans notre hypothèse, il s'ensuit que c'est à l'axe le moins éloigné du centre de gravité, que répondront les oscillations les plus lentes dans le vide. On verra de même que la durée de chaque oscillation étant la même dans le vide autour de deux axes, ce sera à l'axe le plus rapproché du centre de gravité que répondront les oscillations les plus rapides dans l'air.

(14) Les résultats précédents ne sont démontrés par notre analyse, que pour un pendule sphérique; et il serait possible qu'ils fussent modifiés dans le cas d'un pendule d'une autre forme. Ils supposent aussi que les oscillations se font dans un fluide qui s'étend indéfiniment en tous sens autour du pendule; ce qui n'a pas lieu dans ce genre d'expériences, où l'on a soin, au contraire, de mettre le pendule en mou-

vement dans une cage fermée de toutes parts. Or, les ondes aériennes produites par ce mouvement sont réfléchies par la surface de la cage et viennent retomber sur le pendule ; et les condensations de l'air dont elles sont alors accompagnées, produisent sur les différents points de ce corps, des accroissements de pression qui peuvent troubler son mouvement. Mais si les dimensions du pendule sont peu considérables relativement à celles de la cage, on conçoit que cette influence des ondes réfléchies sera très-petite à cause de l'affaiblissement de la condensation de l'air, qui aura diminué généralement depuis leur départ jusqu'à leur retour, dans le rapport du carré du rayon du pendule au carré de la distance qu'elles auront parcourue (n° 11). Je me suis assuré par un calcul dont je supprime le développement, que s'il existe, à une distance du centre C du pendule, décuple de son rayon c, un plan fixe perpendiculaire à la direction de son mouvement, la réduction au vide ne sera pas augmentée d'un millième par cette circonstance. L'augmentation sera encore moindre si le plan fixe est incliné sur la direction du mouvement, et tout-à-fait nulle ou insensible, s'il devient parallèle à cette direction.

Lorsque les parois de la cage formeront une surface courbe, les condensations de l'air relatives aux ondes réfléchies ne s'affaibliront pas comme dans le cas d'une paroi plane; et, par exemple, si la cage est une sphère creuse qui ait son centre au point C, ces condensations, quand les ondes réfléchies atteindront la surface du pendule, seront égales à celles qui ont lieu dans les ondes directes partant de cette surface; mais alors on peut prouver que le mouvement du

pendule est le même que si la cage sphérique était supprimée, et que la masse d'air s'étendît indéfiniment en tous sens.

En effet, pour remplir les conditions relatives à l'état initial du fluide, et satisfaire en même temps à l'équation (15) qui répond à la surface du pendule, il faudra, comme dans le n° 8, supprimer tous les termes du développement de $r\varphi$ excepté le second; en vertu des équations (17), les fonctions Fr et $F'r$ que contient ce second terme, seront nulles, mais seulement pour les valeurs de r comprises entre c et c', en désignant par c' le rayon de la cage sphérique; la fonction $F'(r+at)$ ne sera donc plus constamment nulle, comme précédemment; ses valeurs relatives à $r+at>c'$, se déduiront de celles de $F(c'-at)$, au moyen de l'équation

$$\frac{d\varphi}{dr}=0,$$

qui aura lieu à la surface de la cage; et d'après l'équation (15), les deux fonctions $F(r-at)$ et $F'(r+at)$ seront de la forme $f(r-at)\sin.\omega\sin.\psi$ et $f'(r+at)\sin.\omega\sin.\psi$, en représentant par $f(r-at)$ et $f'(r+at)$ des quantités indépendantes de ω et ψ. Cela posé, soit

$$f(c-at)=\zeta,\quad f'(c+at)=\zeta';$$

pour $r=c$, on aura

$$\frac{df(r-at)}{dr}=-\frac{1}{a}\frac{d\zeta}{dt},\quad \frac{df'(r+at)}{dr}=\frac{1}{a}\frac{d\zeta'}{dt},$$
$$\frac{d^2f(r+at)}{dr^2}=\frac{1}{a^2}\frac{d^2\zeta}{dt^2},\quad \frac{d^2f'(r-at)}{dr^2}=\frac{1}{a^2}\frac{d^2\zeta'}{dt^2};$$

et par un calcul semblable à celui du n° 9, on parviendra à

une équation qui ne différera de l'équation (f) qu'en ce qu'elle contiendra $\zeta + \zeta'$ au lieu de ζ. Si donc on néglige les termes multipliés par $\frac{\delta}{a^2}$ ou par $\frac{\mathcal{E}}{a^2}$, il en résultera

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + 2\mathcal{E}\frac{d\theta}{dt} + \frac{g}{\lambda}\theta = 0, \qquad (n)$$

pour déterminer le mouvement du pendule, qui sera, par conséquent, le même que si la masse d'air s'étendait indéfiniment.

La durée de chaque oscillation entière, qu'on déduit de cette équation, est exactement

$$\frac{\pi}{\sqrt{\left(\frac{g}{\lambda} - \mathcal{E}^2\right)}};$$

on la réduit à $\pi\sqrt{\frac{\lambda}{g}}$ en négligeant le carré de $\mathcal{E}$; ce qui suppose que $\frac{\lambda\mathcal{E}^2}{g}$ soit une fraction extrêmement petite. A cause de la quantité b que renferme $\mathcal{E}$ (n° 9), cette fraction ne peut être déterminée que par l'observation : sa valeur se déduit du décroissement des amplitudes successives; et, en effet, quand les oscillations ont lieu dans l'air ou dans un autre fluide aériforme, la lenteur du décroissement rend la fraction $\frac{\lambda\mathcal{E}^2}{g}$ tout-à-fait négligeable et la durée des oscillations indépendante de la résistance du milieu. Mais il n'en est plus de même, lorsque le pendule oscille dans un liquide : le décroissement des amplitudes peut alors être assez rapide pour qu'on doive avoir égard à la fraction dont il s'agit, en calculant la durée d'une oscillation entière, et en réduisant au

vide la longueur du pendule simple. Avec cette attention, les résultats auxquels nous sommes parvenus conviendront également au mouvement d'un pendule sphérique, dans l'eau ou dans tout autre liquide considéré comme incompressible; car il suffira, pour cela, de faire $a = 0$ dans les équations précédentes; ce qui ne changera rien à la valeur de λ donnée par l'équation (e), ni, par conséquent, à l'équation (n) du mouvement du pendule.

ADDITION

AU MÉMOIRE PRÉCÉDENT.

I. En écrivant ce Mémoire, je n'ai pas pensé aux expériences sur la matière qui en est l'objet, faites par Dubuat, il y a près de 50 ans, et dont ses *Principes d'hydraulique* contiennent les résultats. Un article que M. Bessel vient d'insérer dans le n° 204 du Journal de M. Schumacher, m'a rappelé ces expériences que M. Bessel ne connaissait pas non plus, lorsqu'il a entrepris les siennes, et qui ne lui sont connues, encore à présent, que par un renseignement incomplet qu'un de ses amis lui a donné. Voici, en peu de mots, ce que l'ouvrage de Dubuat renferme sur ce sujet.

L'auteur a remarqué que quand un corps oscille dans un fluide, liquide ou aériforme, une partie du fluide suit ce corps dans son mouvement, et forme en avant et en arrière, ce qu'il appelle une *proue* et une *poupe* fluides. Or, si l'on fait abstraction de cette masse additive, les longueurs du pendule simple qui fait ses oscillations, dans le fluide et dans le vide, en même temps que le pendule composé, sont entre elles, d'après la théorie connue, comme les poids de ce corps dans le fluide et dans le vide, c'est-à-dire, comme le poids apparent du pendule est au même poids augmenté de celui du fluide déplacé par ce corps. De là, l'auteur conclut que pour avoir égard à la masse-fluide qui se meut avec le pendule, il faut,

dans le dernier terme de cette proportion, ajouter au poids du fluide dont le pendule occupe la place, celui de la portion inconnue du fluide environnant qui le suit dans son mouvement. Cette conclusion ne peut être regardée que comme une sorte d'induction que Dubuat n'a justifiée *à priori* par aucun raisonnement; il suppose aussi, sans le démontrer, que pour différents pendules de même forme, le poids inconnu du fluide additif, est un même multiple de celui du fluide déplacé; mais la formule qu'il déduit de ces hypothèses, et qui renferme, comme celle de M. Bessel, un coefficient indéterminé, se trouve confirmée par ses nombreuses observations.

Dans cette formule, Dubuat représente par p le poids apparent du pendule, par P celui du fluide dont ce corps occupe la place, et par $(n-1)\mathrm{P}$ le poids du fluide additif; en sorte que n soit un coefficient inconnu, plus grand que l'unité, dont la valeur devra être déterminée par l'expérience pour chaque forme particulière du pendule. Il désigne, en outre, par l la distance du centre d'oscillation au point de suspension, et par a la longueur du pendule simple, synchrone dans le vide au pendule donné dans le fluide. De cette manière, on aura, d'après la théorie ordinaire,

$$a=\frac{l(p+\mathrm{P})}{p},$$

et, selon Dubuat (*),

$$a=\frac{l(p+n\mathrm{P})}{p}; \qquad (a)$$

d'où l'on tire

(*) Principes d'Hydraulique, tome II, page 229, édition de 1816.

$$n = \frac{p}{P}\left(\frac{a}{l} - 1\right). \qquad (b)$$

La valeur de a se déduira de la durée de chaque oscillation : en désignant cette durée par t, par g la gravité et par π le rapport de la circonférence au diamètre, on aura

$$a = \frac{g t^2}{\pi^2}.$$

Celle de l dépendra de la forme du pendule. S'il s'agit, par exemple, d'une sphère homogène, suspendue à un fil très-mince, duquel nous négligerons la masse, nous aurons

$$l = b + c + \frac{2c^2}{5(b+c)};$$

b étant la longueur du fil et c le rayon de la sphère. Les poids p et P seront donnés par l'expérience directe. La formule (b), appliquée à un pendule sphérique, donnera la valeur numérique de n; et la formule (a) fera connaître ensuite la longueur du pendule simple dans le vide, qui répond à tout autre pendule sphérique, oscillant dans un fluide quelconque.

Dubuat a appliqué la formule (b) à quarante-quatre expériences qu'il a faites, sur des sphères de différentes matières et de rayons différents, oscillant dans l'eau et suspendues à des fils dont il a aussi fait varier les longueurs. Si l'on excepte deux ou trois des quarante-quatre valeurs de n, qui sont un peu plus petites que les autres, celles-ci diffèrent peu entre elles, et leurs extrêmes s'écartent à peine de la moyenne, d'un vingtième de sa valeur, laquelle est

$$n = 1{,}585.$$

On trouve en outre dans l'ouvrage de Dubuat, les résultats de trois expériences faites sur des globes oscillant dans l'air, beaucoup plus légers que les précédents, et formés de papier ou de baudruche (*). Les valeurs de n, conclues de ces trois observations, diffèrent peu entre elles, et leur moyenne est 1,560, qui ne s'écarte pas beaucoup de la précédente. L'expérience confirme donc ce que l'auteur avait supposé d'avance, savoir, que ce coefficient n est à peu près le même pour différents pendules de même forme, et à peu près indépendant de la nature du fluide où le mouvement a lieu. Quand la forme du pendule change, ce coefficient change en même temps, ainsi que le prouvent d'autres expériences de Dubuat dont on peut voir les résultats dans son ouvrage.

II. Maintenant, pour comparer dans le cas du pendule sphérique, la formule (a) à l'équation (e) du Mémoire précédent, il faudra faire, dans celle-ci,

$$\lambda = a, \quad \gamma = l = b + c, \quad k^2 = \frac{2c^2}{5}, \quad \delta = \frac{P}{p+P};$$

ce qui donne

$$a = \frac{2c^2(p+P)}{5(b+c)p} + (b+c)\left(1 + \frac{3}{2}\frac{P}{p}\right).$$

D'ailleurs la formule (a) est la même chose que

$$a = \frac{2c^2(p+nP)}{5(b+c)p} + (b+c)\left(1 + \frac{nP}{p}\right);$$

et en égalant ces deux valeurs de a, il vient

(*) Page 274.

$$n = \frac{3}{2} - \frac{2c^2(n-1)}{5(b+c)^2};$$

équation qui fera connaître la valeur de n nécessaire pour que les expériences qu'on vient de citer s'accordent avec la théorie exposée dans ce Mémoire.

Dans toutes ces expériences, le rayon c était peu considérable par rapport à $b+c$; en négligeant le carré de la fraction $\frac{c}{b+c}$, on aura donc simplement $n = \frac{3}{2}$; valeur dont s'écarte peu le résultat moyen de l'observation. Certainement ces expériences sont loin d'avoir la précision de celles qui servent à déterminer la longueur du pendule à secondes, et l'on ne pourrait en tirer aucun parti pour cet objet; mais elles sont néanmoins très-propres à la détermination du coefficient n de $\frac{P}{p}$ dans l'expression de cette longueur, à cause de la grandeur considérable de cette fraction, soit à raison de la densité de l'eau, quand le mouvement a eu lieu dans ce liquide, soit à raison de la légèreté des corps oscillants, lorsqu'il avait lieu dans l'air atmosphérique.

III. Dans l'ouvrage de M. Bessel, la longueur du pendule simple est exprimée par

$$\lambda = \frac{l^2 + k^2 + (n-1)l^2\delta}{l(1-\delta)}; \qquad (c)$$

n désignant un coefficient indéterminé, et les autres notations étant les mêmes que dans l'équation (e) de ce Mémoire, de sorte que λ est la longueur dont il s'agit, l la distance du centre de gravité du pendule, regardé comme homogène, à l'axe de suspension, $l^2 + k^2$ son moment d'inertie relatif à

cet axe, divisé par sa masse, et δ le rapport de la densité du milieu à celle du mobile.

Pour que cette formule s'accorde avec celle de Dubuat, il faut que n soit le même dans ces deux expressions; et pour qu'elle coïncide avec notre équation (e), dans le cas d'un pendule sphérique, il faut qu'on ait

$$n = \tfrac{3}{2}.$$

Si l'on suppose les oscillations très-petites, et qu'on ait égard, pour plus d'exactitude, à la quantité ϵ du n° 9, dans l'expression de la durée θ de chacune d'elles, on aura

$$\theta = \frac{\pi\sqrt{\frac{\lambda}{g}}}{\sqrt{1-\frac{\epsilon^2\lambda}{g}}};$$

d'où l'on tire

$$\lambda = \frac{g\theta^2}{\pi^2}\left(1-\frac{\epsilon^2\theta^2}{\pi^2}\right), \qquad (d)$$

en négligeant le carré de ϵ^2; et ce qui se réduit à

$$\lambda = \frac{g\theta^2}{\pi^2},$$

en négligeant tout-à-fait cette quantité.

Les durées observées des oscillations dans l'air de deux pendules sphériques, l'un d'ivoire et l'autre de cuivre, ont fourni à M. Bessel deux expressions différentes du rapport $\frac{\lambda}{g}$; en les égalant il forme l'équation

$$(0^{l},06734)(n-1)-0^{l},05903=(0^{l},31309)(n-1)-0^{l},29143,$$

de laquelle on déduit (*)

$$n = 1{,}9459.$$

Mais à cause de la petitesse des coefficients de cette équation, qui sont des fractions de lignes assez petites, il est à craindre que les erreurs inévitables sur ces données de l'observation, aient eu une influence sensible sur cette valeur de n, qui peut, conséquemment, laisser quelque doute.

L'auteur a aussi observé successivement les durées des oscillations d'un même pendule sphérique, dans l'air et dans l'eau. Dans ce pendule, l étant très-grand par rapport à k, on peut remplacer au numérateur de la formule (c), $l^2\delta$ par $(l^2+k^2)\delta$. Si l'on y met, en outre, pour λ la valeur donnée par l'équation (d), où l'on suppose que $\theta, \varepsilon, \delta$, se rapportent à l'eau, et qu'on désigne par $\theta', \varepsilon', \delta'$, les quantités analogues, relativement à l'air, on aura

$$\left.\begin{aligned} \frac{g\theta^2}{\pi^2}\left(1-\frac{\varepsilon^2\theta^2}{\pi^2}\right) &= \frac{l^2+k^2}{l}\left[\frac{1+(n-1)\delta}{1-\delta}\right], \\ \frac{g\theta'^2}{\pi^2}\left(1-\frac{\varepsilon'^2\theta'^2}{\pi^2}\right) &= \frac{l^2+k^2}{l}\left[\frac{1+(n-1)\delta'}{1-\delta'}\right]. \end{aligned}\right\} \quad (e)$$

La quantité ε'^2 n'est d'aucune considération dans les expériences dont il s'agit; mais le décroissement des amplitudes successives des oscillations dans l'eau étant beaucoup plus lent que dans l'air, il est bon de connaître la valeur du terme $\frac{\varepsilon^2\theta^2}{\pi^2}$, ou du moins une limite de cette fraction.

Or, si l'on appelle α et α_i, les grandeurs de ces amplitudes

(*) La quantité que nous désignons par n est celle que l'auteur a représentée par $1+k$.

à l'origine du mouvement et après un nombre i d'oscillations, supposées très-petites et décroissant, par conséquent, en progression géométrique, on a

$$\frac{\ell\theta}{\pi} = \frac{1}{i}\log.\frac{\alpha}{\alpha_i}.$$

Mais on peut conclure de ce que dit M. Bessel dans le Journal de M. Schumacher, cité au commencement de cette *Addition*, que les amplitudes des oscillations dans l'eau, à l'instant où il cessait de les observer, étaient réduites à environ $\frac{1}{15}$ de leur grandeur initiale, et comme cette réduction n'a eu lieu qu'après un nombre de plus de 100 oscillations, il en résulte que la fraction $\frac{\ell^2\theta^2}{\pi^2}$ est au-dessous d'un millième, et peut être négligée.

Cela étant, si l'on divise les équations (e), l'une par l'autre, il vient

$$\frac{\theta^2}{\theta'^2} = \frac{1+(n-1)\delta}{1+(n-1)\delta'}\,\frac{1-\delta'}{1-\delta}. \qquad (f)$$

Pour un pendule dont la longueur était d'environ trois mètres, M. Bessel a trouvé

$$\theta = 1'',9085, \quad \theta' = 1'',7217,$$

et en réduisant sa longueur au tiers, à peu près, il a obtenu

$$\theta = 1'',1078, \quad \theta' = 1'',0020.$$

Au moyen de l'équation (f), il en conclut (*) $n = 1{,}648$, dans le premier cas, et $n = 1{,}602$, dans le second. Ces va-

(*) Recherches sur le pendule à secondes, page 65.

leurs diffèrent peu l'une de l'autre, et de la valeur $n = 1{,}585$ qui résulte des expériences de Dubuat; elles s'accordent aussi beaucoup mieux que la valeur précédente $n = 1{,}9459$, avec le résultat $n = \frac{3}{2}$ de la théorie. Quoique M. Bessel ait supposé tacitement, le coefficient n indépendant de la nature du milieu, on ne voit pas cependant qu'il ait cherché à expliquer la discordance des valeurs qu'il a déduites des durées d'oscillations observées dans l'air et dans l'eau.

IV. Je terminerai cette *addition*, en donnant la solution d'un problème qui a de l'analogie avec celui dont on s'est occupé dans ce Mémoire.

Supposons qu'on ait un tube recourbé, dont la section perpendiculaire à son axe curviligne, soit un cercle qui a son centre sur cette courbe et partout le même diamètre. Le tube étant rempli d'air, on y place, en outre, près de son point le plus bas, une portion de cylindre d'une très-petite épaisseur, c'est-à-dire, une sorte de piston qui intercepte exactement la communication de l'air, des deux côtés de ce corps, et qui puisse néanmoins osciller en vertu de son poids, de part et d'autre du point le plus bas. Il s'agit de déterminer ces oscillations, et en même temps les oscillations correspondantes de l'air dans les deux parties du tube séparées par le mobile. Nous supposerons le tube assez étroit pour que toutes les molécules d'air appartenant à une même section perpendiculaire à l'axe, aient la même vitesse, laquelle sera parallèle à l'axe, et la même condensation.

Cela posé, appelons B le point le plus bas de l'axe, A et A′ ses deux extrémités, M et M′ des points quelconques de BA et BA′, x et x' les longueurs des arcs BM et BM′. Au

bout du temps t, compté depuis l'origine du mouvement, soient v et s la vitesse et la condensation de la tranche d'air qui répond au point M, v' et s' celles de la tranche correspondante à M'. Désignons par φ une fonction de x et t, par φ' une autre fonction de x' et t, par a la vitesse du son dans le fluide; nous aurons

$$v=\frac{d\varphi}{dx},\quad s=-\frac{1}{a^2}\frac{d\varphi}{dt},\quad v'=\frac{d\varphi'}{dx'},\quad s'=-\frac{1}{a^2}\frac{d\varphi'}{dt}. \qquad (1)$$

Le piston mobile interrompant, par hypothèse, la communication de l'air, les deux parties du fluide doivent être considérées comme des fluides différents, et les fonctions inconnues φ et φ' pourront être de formes différentes. A cause que les vibrations de l'air sont très-petites, ces inconnues dépendront des équations

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}=a^2\frac{d^2\varphi}{dx^2},\quad \frac{d^2\varphi'}{dt^2}=a^2\frac{d^2\varphi'}{dx'^2};$$

d'où l'on tire

$$\varphi=f(x-at)+\mathrm{F}(x+at),$$
$$\varphi'=f'(x'-at)+\mathrm{F}'(x'+at);$$

f, F, f', F', étant des fonctions arbitraires.

Je me bornerai à considérer le cas où les deux parties du tube se prolongent à l'infini, et je supposerai qu'à l'origine du mouvement, les vitesses et les condensations de l'air étaient nulles dans toute la longueur de chacune d'elles. On en conclura que chacune des quatre fonctions fx, $\mathrm{F}x$, $f'x'$, $\mathrm{F}'x'$, est zéro pour toutes les valeurs positives de la variable; par conséquent, t, x, x', étant des variables positives, les deux fonctions $\mathrm{F}(x+at)$ et $\mathrm{F}'(x'+at)$ seront constam-

ment nulles; et nous aurons simplement

$$\varphi = f(x - at), \quad \varphi' = f'(x' - at).$$

Quelles que soient les fonctions f et f', on conclut de là et des équations (1)

$$s = \frac{1}{a} v, \quad s' = \frac{1}{a} v'. \qquad (2)$$

Ainsi, dans le mouvement que nous examinons, les condensations de l'air sont proportionnelles aux vitesses correspondantes.

Pour former l'équation du mouvement du piston, soit u la distance variable de son centre au point B, comptée sur l'axe du tube, et regardée comme positive ou comme négative, selon que le mobile se trouve du côté de A ou du côté de A'. Appelons m sa masse, b l'aire de chacune de ses deux faces parallèles et égales à la section du tube perpendiculaire à l'axe, p et p' les pressions rapportées à l'unité de surface, qu'il éprouve du côté de A et du côté de A', h le rayon de courbure de l'axe du tube au point B, et g la gravité; en supposant l'axe du tube compris dans un plan vertical, et négligeant le cube de u, la composante de g suivant le prolongement de u, sera $-\frac{g}{h} u$; et si l'on n'a point égard au frottement du piston contre le tube, on aura

$$m \frac{d^2 u}{dt^2} = -\frac{mg}{h} u - bp + bp', \qquad (3)$$

pour l'équation demandée.

Soient σ et σ' les valeurs de s et s' qui répondent aux deux faces du piston, f et f' les valeurs correspondantes de p et

p' dans l'état d'équilibre du fluide, et ρ sa densité naturelle; nous aurons (n° 5)

$$p=f+a^2\rho\sigma,\quad p'=f'+a^2\rho\sigma'.$$

Désignons aussi par V et V′ les vitesses des tranches du fluide adjacentes aux deux faces du piston, lesquelles sont les mêmes à chaque instant que celle du piston, en sorte que l'on a constamment

$$V=\frac{du}{dt},\quad V'=-\frac{du}{dt}. \qquad (4)$$

En ayant égard aux équations (2), on aura donc

$$p-p'=f-f'+2a\rho\frac{du}{dt}.$$

On sait d'ailleurs que dans l'état d'équilibre d'un fluide pesant, les pressions exercées sur une surface plane et inclinée ne changent pas, lorsqu'on fait tourner cette surface autour de son centre de gravité et qu'elle devient horizontale; si donc on appelle ε la différence de niveau des centres des deux faces du piston, on aura

$$f'-f=\rho g\varepsilon.$$

Or, cette différence est la projection verticale de l'épaisseur du piston; par conséquent si l'on désigne par c cette épaisseur, et si l'on fait attention qu'en continuant de négliger le cube de $\frac{u}{h}$, cette fraction est le cosinus de l'angle compris entre la normale au piston et la verticale, on en conclura

$$\varepsilon=\frac{c}{h}u.$$

Appelons enfin δ le rapport de la densité de l'air à celle du piston ; il en résultera

$$p = \frac{m\delta}{bc};$$

et au moyen de ces différentes valeurs, l'équation (3) deviendra

$$\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{g(1-\delta)}{h}u + \frac{2a\delta}{c}\frac{du}{dt} = 0. \qquad (5)$$

Il résulte de là que le mouvement du piston est le même que celui d'un pendule simple dont la longueur est h et la gravité $g(1-\delta)$, et qui est soumis à une résistance proportionnelle à la première puissance de la vitesse. Dans le cas d'un pendule qui oscille à l'air libre, nous avons trouvé, au contraire, que l'inégale condensation de l'air en contact avec sa surface, produit une diminution de la pesanteur apparente du mobile, et ne donne lieu à aucune résistance dépendante de sa vitesse. La différence entre ces deux cas, tient à ce que dans celui que nous examinons maintenant et où l'air est contenu dans un tube très-étroit, les condensations de ses différentes tranches fluides sont proportionnelles à leurs vitesses, ce qui n'a pas lieu dans le mouvement de l'air libre, provenant des oscillations d'un pendule.

V. Si l'on suppose qu'on ait, à l'origine du mouvement, $u = \alpha$ et $\frac{du}{dt} = 0$, et qu'on fasse, pour abréger,

$$\gamma^2 = \frac{g(1-\delta)}{h} - \frac{a^2\delta^2}{c^2},$$

l'intégrale de l'équation (5) sera

$$u = \alpha e^{-\frac{\delta a t}{c}}\left(\cos.\gamma t + \frac{\delta a}{c\gamma}\sin.\gamma t\right). \qquad (6)$$

On peut prendre pour les quantités V et V′ contenues dans les équations (4), les valeurs de v et v' qui répondent à $x=0$ et $x'=0$, lesquelles sont $-\frac{df(-at)}{adt}$ et $-\frac{df'(-at)}{adt}$; en vertu de l'équation précédente, on aura donc

$$\frac{df(-at)}{adt}=\alpha' e^{-\frac{a\delta t}{c}}\sin.\gamma t,\quad \frac{df'(-at)}{adt}=-\alpha' e^{-\frac{a\delta t}{c}}\sin.\gamma t,$$

où l'on a fait

$$\frac{g(1-\delta)}{\gamma h}=\alpha'.$$

Ces équations auront lieu pour toutes les valeurs de at qui est une variable positive; si donc on suppose qu'elle surpasse x et x', on en conclura

$$\frac{df(x-at)}{adt}=\alpha' e^{\frac{\delta(x-at)}{c}}\sin.\frac{\gamma(at-x)}{a},$$

$$\frac{df(x'-at)}{adt}=\alpha' e^{\frac{\delta(x'-at)}{c}}\sin.\frac{\gamma(x'-at)}{a};$$

par conséquent, on aura

$$\left.\begin{aligned} v&=\alpha' e^{\frac{\delta(x-at)}{c}}\sin.\frac{\gamma(x-at)}{a},\\ v'&=-\alpha' e^{\frac{\delta(x'-at)}{c}}\sin.\frac{\gamma(x'-at)}{a}, \end{aligned}\right\}\quad(7)$$

pour les vitesses des tranches fluides à partir de l'instant où elles commencent à s'ébranler, c'est-à-dire, à partir de l'instant où le temps t est devenu égal à leurs distances respectives au point B, divisées par la vitesse a de la propagation

du mouvement. Ces formules jointes aux équations (2) et (6) feront connaître à chaque instant l'état des deux parties de l'air et la distance du piston au point B; ce qui est la solution complète du problème. Au lieu d'un tube qui se prolonge indéfiniment, si l'on eût considéré un tube d'une longueur donnée, ouvert ou fermé à ses extrémités, ou rentrant sur lui-même, il aurait fallu exprimer φ et φ' par des séries de sinus et de cosinus dont on aurait déterminé les coefficients par la méthode que j'ai donnée, pour cet objet, dans d'autres Mémoires.

Dans le cas que nous examinons, les valeurs de v et v' se déduisant de celles de $\pm\frac{du}{dt}$, en y mettant $t-\frac{x}{a}$ ou $t-\frac{x'}{a}$ à la place de t, il s'ensuit qu'on a

$$\int_0^{at} v^2\,dx=\int_0^{at} v'^2\,dx'=a\int\left(\frac{du}{dt}\right)^2 dt;$$

la dernière intégrale commençant avec t. En vertu des équations (2), on a aussi

$$\int_0^{at} v^2\,dx=a^2\int_0^{at} s^2\,dx,\quad \int_0^{at} v'^2\,dx'=a^2\int_0^{at} s'^2\,dx';$$

on pourra donc écrire

$$4a\int\left(\frac{du}{dt}\right)^2 dt=\int_0^{at} v^2\,dx+\int_0^{at} v'^2\,dx'+a^2\left(\int_0^{at} s^2\,dx+\int_0^{at} s'^2\,dx'\right.$$

D'ailleurs, en multipliant l'équation (5) par $2m\,du$, et intégrant ensuite tous ses termes depuis $t=0$ jusqu'à une valeur quelconque de t, il vient

$$m\frac{du^2}{dt^2}+\frac{mg}{h}(1-\delta)(u^2-\alpha^2)+4ab\rho\int\frac{du}{dt}du=0;$$

on a, en même temps,

$$\frac{1}{h}(\alpha^2-u^2)=2h\left(\cos.\frac{u}{h}-\cos.\frac{\alpha}{h}\right),$$

au degré d'approximation où l'on s'est arrêté; par conséquent, on aura

$$m\frac{du^2}{dt^2}+b\rho\int_0^{at}v^2dx+b\rho\int_0^{at}v'^2dx'$$

$$=2mgh(1-\delta)\left(\cos.\frac{u}{h}-\cos.\frac{\alpha}{h}\right)-a^2b\rho\left(\int_0^{at}s^2dx+\int_0^{at}s'^2dx'\right).$$

Le premier membre de cette équation est la force vive totale qui existe à un instant quelconque, dans le système du piston et des deux parties du fluide; le premier terme du second membre est la force vive produite par le poids $mg(1-\delta)$ qui est tombé à l'instant que l'on considère, d'une hauteur $h\cos.\frac{u}{h}-h\cos.\frac{\alpha}{h}$; ces deux forces vives seraient égales entre elles, si le système était entièrement solide; mais la première est, comme on voit, moindre que la seconde, parce qu'une partie de celle-ci est employée à comprimer ou à dilater le fluide, de part et d'autre du piston.

RECHERCHES

D'ANATOMIE TRANSCENDANTE ET PATHOLOGIQUE.

THÉORIE

DES FORMATIONS ET DES DÉFORMATIONS ORGANIQUES, APPLIQUÉE A L'ANATOMIE DE *RITTA CHRISTINA*, ET DE LA DUPLICITÉ MONSTRUEUSE.

PAR E. R. A. SERRES.

PREMIÈRE PARTIE.

ARTICLE PREMIER.

DES LOIS DE FORMATION DE L'ORGANISATION ANIMALE.

Les recherches sur l'organogénie, auxquelles je me livre depuis plusieurs années, m'ont permis d'établir les règles que suit la nature dans la formation successive des organes.

Tous se développent de la circonférence au centre; tous sont d'abord symétriques ou doubles. Les organes simples qui, chez les animaux, occupent la ligne médiane, et que

nous nommons *impairs,* ont primitivement été pairs, c'est-à-dire composés de deux moitiés analogues.

Ces deux moitiés analogues, en marchant de dehors en dedans, sont amenées au point de contact; parvenues à ce point, elles s'engrènent, s'unissent intimement, et de telle manière, que deux parties organiques n'en forment plus qu'une seule. De pair l'organe devient impair.

Cette dernière loi est celle de conjugaison et d'*affinité.* Elle dérive, comme on voit, de celle de *symétrie,* de même que celle-ci n'est que la conséquence rigoureuse de la loi générale des formations de la *circonférence au centre.*

L'embryon de tous les vertébrés se forme et se développe d'après ces lois constantes. Tout embryon, ou tout organe qui n'arrive pas au type qui lui est propre, le fait d'après une dérivation de ces règles. Tout organe ou tout embryon qui dépasse ce type, leur reste également assujéti.

Ces déviations de la règle sont rarement générales; limitées le plus souvent à un ou deux systèmes organiques, elles n'intéressent que les parties à la formation desquelles concourent ces systèmes. Les autres appareils, étrangers à ces déviations, parcourent les métamorphoses qui leur sont propres, et les organes qu'ils constituent, ne sont ni arrêtés ni modifiés dans leur développement.

Il n'en est pas de même du système sanguin, système qu'on peut regarder comme régulateur des autres, ou comme formateur, en ce sens qu'il apporte avec lui les matériaux sans lesquels aucun organe ne peut se former ou se développer complètement. D'où il suit que, bien que ce système prenne son origine dans les parties, ses déviations

sont nécessairement ressenties et partagées par les organes. D'où il suit encore que le nombre, le volume ou la masse des organes, sont toujours en raison directe du nombre et du calibre des artères qui leur sont destinées. Ce rapport des artères aux organes, est général et invariable, dans l'anatomie normale, anormale et pathologique.

La puissance de la nature, se manifeste tout entière dans ces diverses formations. Avec les mêmes matériaux, et par des procédés semblables, elle développe tantôt ces êtres réguliers destinés à vivre et à se reproduire; tantôt ces monstres par excès et par défaut de parties, frappés à mort en quittant le sein de leur mère; et d'autres fois enfin, ces enfants à organes surnuméraires dont l'existence, rompant tout à coup une harmonie qui nous paraît inséparable de la vie, viennent donner à notre physiologie un démenti si amer. Quel sujet de méditation!

Je n'ai pas l'intention de le parcourir dans son entier; je vais seulement considérer les monstres comme anatomiste. Ce sont les vérités matérielles qu'ils renferment que je m'attacherai à faire ressortir.

On est accoutumé, dans cette partie de la science, à des hypothèses si ingénieuses, on a fait de la monstruosité un roman si bizarre, que la vérité toute nue paraîtra peut-être décolorée à côté de ces rêves de l'esprit. On ne trouvera pas ici toute la mythologie personnifiée et réalisée par les monstres; on n'y verra pas non plus ces déductions, au moins prématurées, de l'*homologie,* qui nous montrent comme possibles, la transformation du coccix en crâne, du bulbe de terminaison de la moelle épinière en cerveau, du pénis en organe nasal, des maxillaires en membres, etc.

Mais en nous renfermant dans les limites de la nature, nous débarrasserons la science des hypothèses que l'on a imaginées pour expliquer le merveilleux qu'on lui supposait. Nous n'aurons recours ni à cette gigantesque idée de la préexistence des germes et des organes, qui a frappé de stérilité les plus belles recherches en anatomie, ni à ces lois irrégulières qui nous montrent l'organisation sous l'action d'une puissance aveugle et capricieuse, ni à ces jeux prétendus de la nature qui tournent les difficultés sans jamais les résoudre.

L'état présent de l'anatomie nous permet de suivre des voies moins tortueuses. L'organogénie, que d'Aquapendente Harvey, Ruysch et Malpighi élevèrent si haut, se dégage des liens qui l'étouffèrent à sa naissance.

L'ancien système des préexistences organiques s'écroule de toute part. Des pensées hardies et profondes s'échappent de ses ruines, et la théorie de l'épigénésie, dont Wolf peut être regardé comme le créateur, s'élève à l'insu même des anatomistes qui y coopèrent le plus utilement.

On ne croit plus maintenant que toute l'organisation animale se développe spontanément et d'un seul jet. On ne croit plus que les organes se forment comme une bulle de savon, dont on a si long-temps emprunté l'image, pour donner une idée des développements. On ne croit plus que l'intussusception soit le moyen unique de l'accroissement des organes. Cette physiologie est à deux siècles de nous.

Plus on étudie les embryons des animaux et de l'homme, plus on trouve que la formation des organes est graduelle et successive; chaque pas que l'on fait, dans cette partie si élevée de l'anatomie, atteste que les organes sont d'autant

plus fractionnés que l'embryon est plus jeune; que la juxtaposition de ces matériaux d'abord isolés, ou l'addition de couches nouvelles sur des couches déja existantes, est le mécanisme primitif de leur accroissement; enfin que les matériaux des organes se comportent en s'unissant comme si une affinité propre présidait à leur arrangement; chaque tissu organique, chaque partie d'organe, se dirigeant vers la partie et le tissu qui lui est homogène, et ne s'unissant qu'à elle.

Ainsi les nerfs vont rejoindre les nerfs, les artères se portent sur les artères, les veines sur les veines, les noyaux osseux sur les os, les fragments du rein sur le petit rein central: jamais le rein ne se réunit au foie, à l'ovaire ou à la matrice; jamais un nerf et une artère ne se joignent ensemble. On croirait, en suivant ces formations, assister à une cristallisation régulière de divers sels, dont les molécules homogènes s'attirent, tandis que les hétérogènes se repoussent. Et cela sous l'influence de la vie!

Tous les systèmes, tous les appareils organiques, se forment de cette manière, et indépendamment les uns des autres. Tous se coordonnent d'après les règles précitées, leur corrélation s'établit sous l'influence du système nerveux, comme leur développement s'effectue, sous celle du système sanguin.

C'est, comme on le voit, l'inverse de ce que faisait supposer le système des préexistences; car, d'après ce système, un organe était d'abord tel qu'il nous apparaît chez l'animal parfait; l'embryon offrait en petit, ce que ce dernier nous présente en grand; formes et rapports, tout restait immuable.

Tout subit, au contraire, des transformations continuelles dans la nature; avant de revêtir les formes auxquelles il s'arrête, un organe passe transitoirement par une multitude de formes fugitives et passagères.

Ces formes transitoires sont d'autant plus multipliées, et les changements de l'organe sont d'autant plus nombreux, que sa composition est plus complexe; une forme plus compliquée étant toujours précédée d'une forme plus simple. De telle sorte, que les parties diverses d'un même organe se balancent alternativement, jusqu'à ce que sa composition soit définitivement arrêtée (1).

Il résulte de là qu'en traversant la vie embryonnaire les organes de l'homme, ou d'un même animal, offrent une multitude de formes, et des rapports divers, qui ne sont ni les rapports, ni les formes décrites chez l'adulte.

Il en résulte encore, que si un, ou plusieurs organes, se sont arrêtés dans leur marche, tandis que les autres auront parcouru sans entraves la série de leurs évolutions; l'être qui se sera développé sous ces influences, vous présentera à la naissance des rapports normaux et insolites. Les premiers correspondront aux organes régulièrement formés, les seconds vous reproduiront des rapports dont vous trouverez les analogues, en vous reportant à la période embryonnaire à laquelle ils correspondent dans leur irrégularité de développement.

Ainsi, l'homme doit à la complication de ses organes le rang qu'il occupe dans l'échelle des êtres; il est placé au

(1) Loi du balancement des organes, de M. le professeur Geoffroy Saint-Hilaire.

sommet parce que son organisation est la plus parfaite de celles des animaux, en prenant cette perfection dans un sens relatif.

Or, une observation générale sur l'organisation des animaux, montre que leurs appareils organiques comparés à ceux de l'homme, vont en se divisant, et en se fractionnant de plus en plus, à mesure que l'on se rapproche davantage des classes inférieures. La différence des animaux à l'homme tient donc à la simplicité des organes des premiers, relativement à la composition de ceux de l'espèce humaine, considérée au terme de ses développements.

Mais en prenant ce terme pour point de départ, et en s'élevant graduellement dans la vie embryonnaire de l'homme, jusqu'à la première ébauche de ses organes; on voit ceux-ci se divisant, se fractionnant de plus en plus; on les voit se fractionnant, et se divisant, de la même manière que cela a lieu chez les animaux. L'embryogénie de l'homme reproduit ainsi d'une manière transitoire et passagère, l'organisation fixe et permanente des êtres qui occupent les divers degrés de l'échelle animale.

Cela posé, il devient facile de déduire les conséquences de cette analogie des faits.

Premièrement, il est sensible en effet, que si les organes des embryons des vertébrés supérieurs s'arrêtent dans leur développement, cet arrêt aura pour résultat de rendre fixe une organisation qui, de sa nature, ne devrait être que passagère chez cet animal.

Secondement, que cet organe, ou les organes irrégulièrement développés, reproduiront les formes et les dispositions de ceux des classes inférieures, et des êtres d'autant plus descendus, que les organes se seront plus tôt arrêtés.

Troisièmement, que les lois déduites de l'organogénie des embryons supérieurs, seront applicables en tout, et pour tout, à l'organisation des classes inférieures, ainsi qu'à celle des monstruosités qui la reproduisent.

Quatrièmement, que la nature n'a donc pas besoin de recourir à des lois spéciales, soit pour développer les êtres des diverses classes, soit pour donner naissance aux monstruosités. S'il en était différemment, un même individu serait le produit du concours de ces diverses lois. Car d'une part ses organes normaux se seraient développés sous l'influence des lois régulières, et d'autre part les organes déformés ou surajoutés devraient leur formation aux lois irrégulières. Ce qui implique une sorte de contradiction qui ne se remarque jamais dans la nature.

Sous ce rapport, comme sous mille autres, l'esprit d'hypothèse nous avait détournés de la véritable observation. Mais en y rentrant, on observe que la nature se répète dans tous ses actes, se reproduit dans toutes ses opérations. Elle varie ses résultats de mille manières, tout en restant assujétie à des procédés constants. Un organe normal, ou anormal, régulier ou irrégulier, est pour elle le même organe; elle élabore l'un comme l'autre, l'un comme l'autre marchent à leur but d'après les mêmes règles; et soit qu'ils l'atteignent ou qu'ils ne l'atteignent pas, soit même qu'ils le dépassent, ils restent toujours circonscrits dans le cercle des lois qui président aux formations organiques.

Ces vérités acquièrent de l'importance, à mesure que l'on pénètre plus avant dans l'étude de l'organogénie; on voit et comment les organes se forment, et comment ils se déforment, et pourquoi ils se déforment. Toutes les anatomies

se prêtent ainsi un mutuel secours, elles s'appuient les unes sur les autres, et se fondent en une seule et unique science qui embrasse toute l'organisation animale. Je vais en fournir de nouvelles preuves dans ces recherches sur la monstruosité (1).

---

(1) C'est cette anatomie, dont les principes sont si différents de ceux de l'anatomie établie d'après le système des préexistences, à laquelle j'ai donné le nom de *transcendante*, dans l'ouvrage sur les lois de l'ostéogénie, couronné par l'Académie des sciences en 1819. Ce mot, représentant un système d'idées différent de celui des autres anatomies, a été accueilli, bien qu'il soit peut-être un peu à prétention. Mais la sévérité portée de nos jours dans les recherches physiologiques et médicales, a fait grâce du nom, en faveur des choses positives dont il est l'expression.

L'anatomie transcendante a été si exactement définie et caractérisée par M. de Blainville, que je crois devoir transcrire ici cette définition.

« Des diverses sortes d'anatomie. »

« Enfin la sixième et dernière, est de beaucoup la plus étendue et la plus « difficile; c'est *l'anatomie philosophique* que l'on doit soigneusement dis- « tinguer de l'anatomie des animaux ou de la précédente. On pourrait peut- « être mieux la définir par la dénomination d'*anatomie transcendante*. La » plus profonde de toutes, sans s'arrêter à des détails minutieux sur la for- « me, sur les usages définis ou locaux des organes et des appareils, elle « s'élève des faits aux abstractions, c'est-à-dire du *posteriori* au *priori*, et « descend de celui-ci à celui-là. Le plus ou moins grand développement « d'un organe est pour elle peu important, mais bien son existence, ses con- « nexions. Elle cherche à rendre compte de la composition croissante ou « décroissante des animaux; elle suit un organe à travers toutes les variations « qu'il a pu éprouver, et le reconnaît à quelques traits généraux, comme « à ceux de connexion et d'usage.

« Son but principal est réellement la physiologie, ou l'explication des « phénomènes de la vie, par l'application des lois générales de la nature. »

(De l'organisation des animaux, ou principes d'anatomie comparée; par M. de Blainville. 1822. Pages 4 et 5.)

J'examinerai d'abord dans quelles conditions se trouvent les organes imparfaitement développés, ou arrêtés dans le cours de leur formation. Je passerai ensuite aux organes offrant un excédant de développement, et je chercherai à apprécier les conditions qui leur sont propres et qui diffèrent essentiellement des précédentes. Je me mettrai, par cette analyse, en état de concevoir, et de faire concevoir à mes lecteurs, ce que c'est qu'un monstre par défaut ou un monstre par excès; j'arriverai ainsi d'une manière qui me paraît toute naturelle à l'explication des monstres doubles, et de *Ritta-Christina*, objet principal de ce travail.

Enfin pour donner une idée de l'utilité de cette anatomie nouvelle, dont les Harvey, les Ruysch, les Malpighi, Haller et Bichat (1) ont indiqué les bases, je montrerai qu'en se développant l'organisation suit une marche ascendante dont le dernier terme est l'état normal que nous lui connaissons, et qu'en se détruisant par les maladies, elle suit une marche descendante dont l'effet est de la ramener à l'un des points d'où elle était partie; de telle sorte que, pour un observateur attentif, la structure et la forme des organes se répètent souvent et à l'entrée et à la sortie de la vie.

---

(1) Je crois nécessaire d'observer qu'il n'est pas question de l'histologie créée par Bichat.

Article II.

Des défectuosités organiques constituant la monstruosité par défaut. (Ectrogénie (1) symétrique.)

Si l'organisation se forme de dehors en dedans, et s'il n'y a d'abord que des moitiés d'organe de chaque côté du corps, on voit que pour former les parties simples qui occupent la ligne médiane, ces deux moitiés sont obligées de marcher à la rencontre l'une de l'autre. Or, avant de se rencontrer, elles sont séparées par un intervalle, qui est d'autant plus grand que l'embryon est plus jeune.

Si donc, par une cause quelconque, ces deux moitiés sont arrêtées dans leur trajet, non-seulement l'organe ou la partie qu'elles devaient former ne le sera pas comme à l'ordinaire, mais de plus, l'intervalle qui les séparait subsistant, la partie médiane sera remplacée par une ouverture insolite, ou par une fissure plus ou moins large, selon la période à laquelle le développement se sera arrêté.

Ce principe de formation étant général, l'effet devra se produire sur toute la ligne médiane, et ses résultats devront varier selon la diversité des usages de la partie, ainsi écartée de sa disposition normale.

Ainsi pour contenir et protéger la moelle épinière, la colonne vertébrale se ferme en avant par la jonction des deux moitiés du corps de chaque vertèbre, et en arrière par la réunion de ses apophyses épineuses; dans cet état la colonne épinière forme un étui clos de toute part.

---

(1) De Ἐκτρώω, Ἔκτρωμι, *je fais avorter*, et de Γένεσις, *génération*.

Mais si le corps des vertèbres s'arrête dans son mouvement, la colonne vertébrale se trouve perforée en cet endroit, et la moelle épinière s'échappe par cette ouverture, si c'est à la région dorsale; si au contraire, cet arrêt de symétrie se manifeste au col, ou bien la moelle épinière fait hernie comme dans le cas précédent, ou bien l'œsophage s'introduit dans le canal vertébral et vient occuper la place de la moelle épinière.

Sur le sacrum, la non-réunion du corps de ses vertèbres produit une large ouverture vers son centre; ouverture dans laquelle peut s'engager le rectum, comme dans le cas rapporté par Littre, ou la fin de l'S iliaque du colon, comme je l'ai observé; dans ce cas, il se forme une hernie sacrée, ainsi que l'ont observé Lafaye et un de mes élèves (1).

Enfin si la base du crâne, et les os de la face, s'arrêtent dans leur marche comme le font les corps vertébraux, le centre du sphénoïde et de l'ethmoïde se trouvent ouverts, et le cerveau peut passer au travers comme le faisait la molle épinière, ou le pharynx pénétrer dans la boîte cérébrale, comme le fait l'œsophage dans le canal vertébral: ou bien encore les os incisifs et la voûte palatine ne se réunissant pas, il en résulte le bec de lièvre double ou simple, ou la perforation accidentelle du plancher palatin, et la communication des fosses nasales avec la bouche.

Ces monstruosités ou ces maladies sont, sans doute, bien différentes les unes des autres, mais au fond elles sont identiques, et reconnaissent toutes pour cause, un arrêt de symétrie de la partie antérieure de la colonne vertébrale, et des parties qui lui sont analogues.

---

(1) Voyez Bulletins de la société médicale d'émulation de Paris. Année 1822.

Il en est de même de l'arrêt de symétrie de la partie postérieure : seulement les ouvertures changeront de place, et la moelle épinière, le cerveau et ses membranes feront hernie en arrière au lieu de s'échapper en devant.

Pour donner une idée de l'identité de ces ouvertures postérieures de la colonne vertébrale, il est nécessaire de considérer la disposition normale du sacrum. Sur cet os les apophyses épineuses, ou les lames des vertèbres sont avortées, et réduites dans leur dimension à un tel point qu'elles ne se réunissent ni ne se touchent sur la ligne médiane; de là naît l'ouverture sacrée postérieure, et la gouttière qui termine en cet endroit le canal vertébral.

Supposez maintenant que cet arrêt de développement frappe les lames latérales des vertèbres lombaires ; ces lames avortées ne se réuniront pas, et elles reproduiront sur cette région la même disposition qu'au sacrum. La gouttière sacrée se trouvera transportée aux lombes. Or comme la terminaison de la moelle épinière correspond à cette région, ses membranes passeront au travers de cette ouverture, le liquide spinal les distendra en s'y accumulant, et il en résultera le *spina bifida*, déformation et maladie fréquente chez les jeunes enfants.

Supposez encore que cet arrêt de développement du sacrum, se prolonge sur les vertèbres dorsales et cervicales, vous aurez alors toute la colonne vertébrale ouverte en arrière, toutes les vertèbres seront descendues au niveau des vertèbres sacrées, et la gouttière postérieure du sacrum se trouvera prolongée dans toute l'étendue de la colonne vertébrale. La moelle épinière privée de l'appui qui lui est nécessaire, s'échappera par cette issue, ou disparaîtra com-

plètement si l'arrêt de symétrie s'est déclaré à l'époque où elle était liquide. Les cent cas de monstruosités rapportés par les auteurs, depuis Tulpius jusqu'à nos jours, ne sont autres que cela; qu'un arrêt de développement, ou qu'un avortement des lames vertébrales, dont le sacrum nous offre le type dans son état normal.

Enfin, supposons en troisième lieu, que les os qui forment la voûte et la partie postérieure du crâne, soient arrêtés au même degré que le sont dans les cas précédents les lames vertébrales, la cavité crânienne non oblitérée, sera convertie en une vaste gouttière, qui reproduira en grand la longue gouttière vertébrale, et la gouttière originaire du sacrum.

L'encéphale non contenu sortira du domicile qui lui est ordinaire, et vous verrez se produire toutes les variétés de l'anencéphalie; variétés déterminées ou par l'état propre du cerveau au moment où survient cet arrêt de symétrie, ou par le nombre même des os sur lesquels cet arrêt portera son action.

Ainsi, si l'encéphale est à l'état liquide, il s'épanchera, et la cavité crânienne sera complètement vide. C'est l'anencéphalie, proprement dite, dont les cas rapportés par les auteurs sont si nombreux.

Si le cerveau est déja développé, et s'il a acquis une consistance pultacée, il fera hernie au dehors, et produira en arrière du col une saillie proportionnée au volume qu'il aura acquis. Ce sont les notencéphales de M. Geoffroy-S.-Hilaire.

Si l'ouverture postérieure du crâne s'est arrêtée aux occipitaux latéraux, vous aurez la cystencéphalie; si elle est bornée aux pariétaux, ce sera la podencéphalie, etc. Ces va-

riétés seront toutes produites par le siége qu'occupera l'ouverture insolite du crâne; le siége de cette ouverture sera lui-même déterminé par la nature des os sur lesquels aura porté l'arrêt de développement, et cet arrêt de développement ne sera lui-même qu'une répétition de l'espèce d'avortement, dont sont frappées dans leur état normal les vertèbres qui composent le sacrum. On voit donc que ce qui était si compliqué en anatomie pathologique, est en soi beaucoup plus simple que l'on ne s'y attendait, avant la détermination des lois de l'organogénie.

On voit encore, dans ce reculement du crâne et des vertèbres vers le sacrum, la tendance de la nature à rentrer dans des types organiques qui lui sont familiers. On voit enfin combien elle varie les effets d'une même cause.

Dans l'état ordinaire, l'enfant doit être fermé en avant comme il l'est en arrière; primitivement, il est ouvert sur toute la ligne antérieure; il y a deux demi-faces, deux demi-sternum, deux demi-bassins, deux demi-abdomen. Le cœur est hors de la poitrine, les intestins hors de l'abdomen, la vessie hors du pubis; d'après la loi du développement excentrique, tous ces viscères répandus à la circonférence de l'embryon, se dirigent vers l'axe central du corps qu'ils doivent occuper. A peine y sont-ils parvenus, que les deux moitiés de sternum, les deux moitiés de bassin, et les deux moitiés d'abdomen se ferment sur eux, se réunissent l'une à l'autre, et oblitèrent hermétiquement les cavités, d'où ils ne doivent plus sortir qu'accidentellement.

Mais on conçoit que si les viscères sont arrêtés dans leur marche, ou retenus par une adhérence insolite (1), leur

(1) MM. Geoffroy Saint-Hilaire, Otto, Meckel.

mouvement ne pouvant s'exécuter, ils restent dans leur position embryonnaire, et les deux moitiés de sternum, de bassin et d'abdomen se développant isolément, il en résulte un hiatus plus ou moins grand au-devant de la poitrine de l'abdomen et du pubis.

On conçoit encore que leur mouvement excentrique étant opéré, et leur position étant prise, un arrêt de développement peut frapper les éléments du sternum, de l'abdomen et du bassin; leurs deux moitiés cessant alors de marcher l'une vers l'autre, il reste entre elles un écartement par où les viscères mobiles s'échappent avant ou après la naissance.

Ce sont là les causes des mille cas de monstruosités, ou de maladies par déplacement, rapportés par les pathologistes, tantôt sous le nom de hernie ou d'ectopie du cœur, de hernie de l'abdomen ou d'éventration, de cystocèle ou de hernie de la vessie. Déplacements qui sont généraux ou partiels, selon que la cause a été locale, limitée ou générale.

Enfin, ces cavités étant fermées et les viscères ayant pris leur position, il peut arriver encore que les deux moitiés du diaphragme affectées d'un arrêt de symétrie, laissent entre elles une ouverture insolite; ouverture par laquelle les viscères passeront de l'abdomen dans la poitrine, et donneront naissance aux *ectopies* internes.

Quelque variées, quelque nombreuses que soient ces aberrations, elles se réduisent donc à un arrêt de symétrie, et cet arrêt est l'effet, ou d'une adhérence insolite des organes, ou d'une atrophie des parties qui doivent en avant fermer les cavités de l'embryon.

Dans l'état naturel, l'homme n'a aucune de ces parties avortées, à laquelle on puisse ramener ces états divers; il faut

descendre jusque chez les oiseaux pour en retrouver le type. On sait que dans cette classe les os pubis, frappés d'une espèce d'avortement, ne se joignent pas sur la ligne médiane. Leur bassin est toujours ouvert.

Si les oiseaux avaient une vessie libre comme celle des mammifères, nul doute qu'ils ne fussent atteints de cystocèle, comme l'est dans ce cas l'embryon humain. Mais afin de prévenir un résultat qui serait inévitable, la nature a, chez les oiseaux, fixé la vessie au rectum, elle a rendu ces deux organes communs.

Aussi chez l'embryon humain, quand le bassin reste ouvert comme chez les oiseaux, l'atrophie qui affecte le pubis, affecte également la vessie et le rectum, et dans la plupart des cas, ces organes sont confondus comme chez les oiseaux; souvent aussi, comme chez eux, le rein tombe dans le bassin, et les organes génitaux restent dans l'abdomen, ou ne font nulle saillie à l'extérieur. La même cause amène des effets semblables.

Les oiseaux sont aussi sans diaphragme, et nul doute aussi que l'ectopie interne, ou le passage des viscères abdominaux dans la poitrine, ne fût la suite de cette absence, si les sacs aérifères, organes supplémentaires du poumon, ne venaient occuper la place de ce muscle, et remplir jusqu'à un certain point cette partie de ses fonctions.

Le même cause qui produit la division du sacrum de la colonne vertébrale, du crâne, de la face, de la poitrine, de l'abdomen et du bassin, produit aussi la division de la luette, du pharynx, du cœur, de l'utérus, du vagin, de la vessie, de l'urètre, et donne naissance à ces variétés infinies d'aberrations ou de maladies dont sont remplies les annales de la science.

Les organes, sortis alors de leurs conditions ordinaires, tendent en reculant à reproduire les conditions des mêmes parties sur des êtres où leur organisation est moins avancée.

En définitive, il y a d'abord deux moitiés d'embryon, l'une à droite, l'autre à gauche. Les parties qui sont d'un côté sont aussi de l'autre, mais par moitié seulement en ce qui concerne les organes uniques qui occupent l'axe du corps.

Dans l'ordre naturel des formations, ces deux moitiés d'enfant marchent de dehors en dedans, à la rencontre l'une de l'autre; parvenues au point de contact, elles se réunissent et forment un seul enfant, dont l'organisation nous sert de type pour nos descriptions.

Mais si ces deux moitiés s'arrêtent dans leur marche, leur réunion ne pouvant s'effectuer, il en résulte une organisation différente de la précédente, d'où naissent les aberrations, les monstruosités, ou les maladies dont nous venons de présenter une esquisse rapide; ces maladies, ces monstruosités ou ces aberrations sont donc toutes des arrêts de la loi de symétrie.

Article III.

Ectrogénie asymétrique.

Des organes déformés par inégalité de leur développement.

Les deux parties dont se forme tout embryon se développent simultanément, arrivent en même temps au terme qui leur est assigné, ou s'arrêtent dans leur marche, à des époques qui se correspondent exactement de l'un et de l'autre côté. De là naît une sorte d'harmonie dans les défor-

mations qui précèdent, et une régularité dans les êtres monstrueux qui en sont affectés.

Mais le contraire arrive quelquefois; il arrive qu'une seule moitié d'organe ou d'une partie est atrophiée, anéantie même, l'autre moitié ayant comme d'ordinaire continué ses développements. Rigoureusement parlant, les êtres ainsi frappés ne sont que des demi-monstres, mais en réalité ils sont plus déformés, plus difformes que les précédents. L'harmonie des êtres organisés est si étroitement assujétie à leur symétrie, que rien n'est choquant comme ce mésaccord entre les deux parties homogènes dont tout enfant doit être composé.

Ces faits ont peu occupé, et cela devait être, d'après l'hypothèse du développement centrifuge; l'intérêt qu'ils présentent ne pouvait être justement apprécié qu'après avoir reconnu l'espèce d'indépendance dont jouit chaque moitié d'un corps organisé.

Ainsi une capsule surrénale, un rein et son uretère, peuvent manquer d'un côté ou se développer très-imparfaitement, sans que l'organe opposé s'en ressente. Il en est de même d'un testicule, d'un ovaire, de l'utérus et de la vessie. Ces derniers cas ne sont pas rares, ils se sont offerts à l'examen des anatomistes dans la plupart des exemples caractérisés par l'existence d'une seule artère ombilicale. Les organes du bassin réduits à la moitié de leurs matériaux ont formé des masses compactes, sans formes arrêtées, et dans lesquelles on n'a pu reconnaître les organes dont ils tenaient la place.

Dans un de ces cas, j'ai vu, après Littre, les deux moitiés du sacrum aussi isolées que le sont les deux pariétaux;

dans un autre, j'ai trouvé un os coxal de moins, et la moitié du sacrum réduite des trois quarts, tandis que l'autre moitié avait conservé ses dimensions ordinaires. Dans un troisième, la moitié juste du sacrum ne s'était pas développée. Tout le monde a vu un bras ou une jambe de moins, l'autre bras ou l'autre jambe n'ayant nullement souffert de leur absence.

Quoique les côtes soient peu variables dans leur nombre, quoique même la plupart des anatomistes aient constaté qu'elles ont plus de tendance à s'accroître qu'à diminuer (1), j'ai vu des cas où leur avortement d'un côté les avait réduites du tiers de leur dimension ordinaire; le demi-sternum correspondant, avorté comme elles, n'avait pas rejoint l'autre demi-sternum dans ses deux tiers inférieurs, la poitrine était restée béante en cet endroit. Sur un fœtus à terme, j'ai trouvé cinq côtes de moins, c'étaient les cinq inférieures. Car il est à remarquer que les côtes surnuméraires se placent presque toujours au haut de la poitrine, tandis que leur décroissement affecte plus particulièrement le bas de cette cavité. Le poumon correspondant atrophié égalait à peine le sixième de l'autre poumon. J'ai vu aussi, après beaucoup d'autres observateurs, les muscles abdominaux manquer d'un seul côté, et les viscères entraînés au travers de cette ouverture par une de ces adhérences des membranes placentaires que MM. Geoffroy Saint-Hilaire et Otto ont les premiers si bien fait connaître.

C'est même le plus souvent par l'effet de ces adhérences

(1) Voyez le tableau donné par M. le baron Cuvier dans son Anatomie comparée. M. Meckel, de Duplicat. monst., pag. 32.

que la moitié d'une partie arrêtée mécaniquement dans ses évolutions, ou avorte dans ses développements, ou même disparaît en totalité (1). Dans ces cas, dont les auteurs rapportent sous divers noms (2) de nombreux exemples, et dont M. Geoffroy Saint-Hilaire a seul donné l'explication, les organes conservés, tiraillés en divers sens, éprouvent des torsions et quelquefois des espèces d'arrachement qui donnent à ces monstres un aspect horrible.

Une défiguration non moins hideuse est le résultat de l'atrophie de la moitié de la face et du crâne, l'autre moitié n'ayant souffert que peu ou point d'altération. Les lois de l'organogénie sont si impérieuses que, lors même que les deux parties similaires sont si inégalement développées, on voit la plus forte dépasser la ligne médiane pour aller rejoindre la plus faible et s'unir à elle si nul obstacle étranger ne s'y oppose. L'axe médian de la face est alors rejeté sur les côtés, de perpendiculaire il devient oblique, et les organes qui l'occupent, déjetés d'un côté ou d'un autre, altèrent de la manière la plus bizarre la figure de l'enfant.

La bouche se trouve portée vers l'une ou l'autre des oreilles, le nez se trouve obliquement placé sur la face, les yeux ne sont plus sur le même plan; l'un paraît placé au sommet de la face, tandis que l'autre est descendu au niveau de la pommette. Quelquefois l'un des yeux est énorme,

(1) Voyez à ce sujet la série des recherches de M. Geoffroy St.-Hilaire, Philos. anat., t. II, § III, p. 472. Mémoires du Muséum, t. XII, etc. M. Meckel, Descript. nouv. monstr., p. 91, 92.

(2) MM. Weese et Brechet, Ectopie du cœur.

l'autre paraissant réduit de la moitié ou du tiers de son volume. D'autres fois la conque auditive externe est anéantie, ce qui fait paraître l'oreille restante d'une longueur démesurée.

La charpente osseuse de la face explique ces divers déplacements; les maxillaires et l'os jugal étant atrophiés d'un côté, les os correspondants ont dépassé la ligne médiane pour aller les rejoindre; cette atrophie s'étendant au rocher, à la portion écailleuse du temporal, à la moitié du sphénoïde et de l'ethmoïde, la face entière peut éprouver un mouvement de rotation qui la fait paraître transversale. Toujours dans ces cas la moitié du cervelet et l'hémisphère cérébral correspondant sont réduits d'une quantité proportionnelle à la réduction du système osseux. Toujours aussi la carotide interne du même côté est atrophiée; la maxillaire interne, le nerf de la cinquième paire et leurs embranchements sont surtout le siége de cette réduction.

En étudiant le balancement respectif des divers os de la face, on voit à combien peu de chose tient l'harmonie qui caractérise la physionomie humaine. Un rien la lui fait perdre et la dégrade; peu de chose lui donne l'aspect différent qu'elle contracte dans les diverses races humaines.

Une des conséquences de mon travail sur l'encéphale a été de faire voir comment, dans ses développements successifs, le cerveau de l'homme traverse plus ou moins rapidement les formes de cet organe chez les poissons, les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Une conséquence, non moins curieuse et plus utile peut-être, ressort de mes recherches sur l'ostéogénie de la tête. Dans ce mouvement progressif des os vers le terme qu'ils doivent atteindre

dre chez la race caucasique, le crâne et la face revêtent passagèrement les caractères qu'ils présentent et où ils s'arrêtent, chez la race éthiopique, malaise, américaine et mongolique (1).

Or, un des effets de l'imperfection des développements est d'arrêter quelquefois l'encéphale dans ses évolutions, et de le maintenir descendu au niveau de l'une ou l'autre des classes inférieures. Un autre de ses résultats est aussi de fixer ces caractères fugitifs de la charpente osseuse de la tête, et de descendre la race caucasique au niveau de la race mongolique, malaise ou éthiopique. Les divers degrés de la *microcéphalie* nous présentent cette répétition et la dépassent encore; il n'est pas rare même de la voir se maintenir après la naissance, et de retrouver, dans les traits de ces enfants, les caractères physiques de ces diverses races, empreints sur une figure caucasique.

Le jeu de la physionomie humaine tient en effet aux proportions respectives des os de la face; sa régularité, à l'équilibre qui existe entre les os de la moitié droite et ceux de la moitié gauche; et toutes les nuances de son irrégularité, jusqu'à sa dégradation la plus complète, sont le résultat de l'inégalité de développement de l'une ou l'autre de ses deux parties.

---

(1) Il est inutile de faire remarquer que, dans ce rapprochement, il faut faire abstraction des caractères déduits de la coloration de la peau, de la disposition des cheveux et des dents.

Article IV.

Ectrogénie analogique.
Des arrêts de développement des organes.

L'organogénie a deux périodes ; celle de formation, celle de développement. La seconde succède à la première. La première est caractérisée par le fractionnement des organes, et leur accroissement par extussusception; la seconde se distingue par la réunion des matériaux organiques, leur augmentation par intussusception, et les métamorphoses diverses qu'éprouvent les parties, soit dans leur forme soit dans leur position, avant d'arrêter définitivement la position et la forme qu'elles doivent conserver chez l'animal parfait.

C'est dans le cours de ce développement progressif que, selon la belle remarque d'Harvey, les organes se correspondent d'une classe à l'autre, et, selon nous, d'une espèce plus élevée à une autre espèce plus descendue dans le règne animal. C'est l'idée que nous avons voulu exprimer, quand nous avons dit que l'organogénie reproduisait souvent l'anatomie comparative.

Or, si l'organogénie s'arrête dans sa marche, l'évolution des organes est imparfaite; cette imperfection les maintenant à l'une de leurs périodes embryonnaires, les organes sont déformés. Ainsi déformés, ils entrent dans le domaine de l'anatomie pathologique. On voit donc le point par où se touchent l'anatomie pathologique et l'anatomie comparée. On voit encore comment l'organisation des ani-

maux peut devenir un terme de rapport auquel se ramènent les défectuosités organiques de l'homme.

Tout cela est en partie compris dans les *arrêts de développement* de Haller que M. Meckel a convertis en loi de l'organisation. Mais cette formule, imaginée pour le système des développements, resterait sans application pour la théorie des formations, si on ne déterminait les conditions dans lesquelles tombent les organes ainsi arrêtés dans leur marche. On a vu précédemment la tendance du système osseux, vertébral et crânien, à reproduire dans leurs déformations l'organisation simple du sacrum. Ce reculement des organes composés, vers d'autres plus simples, se remarque dans beaucoup d'autres cas. Les membranes séreuses sont des parties les moins composées possible; ce sont des vésicules ou des sacs fermés de toute part. Quand d'autres vésicules ou sacs, qui dans l'état ordinaire doivent s'ouvrir à l'extérieur, restent fermés accidentellement, cette oblitération tend à reproduire et reproduit en effet la disposition des séreuses. Cela arrive pour le canal intestinal quand l'anus et la bouche sont oblitérés; pour les deux chambres de l'œil, quand la membrane pupillaire ne s'ouvre pas; pour la vessie, quand l'extrémité de l'urètre est imperforée; pour l'utérus enfin, quand l'hymen en ferme complètement l'ouverture du vagin.

Dans ces cas, que l'on considère tantôt comme des maladies, tantôt comme des monstruosités, un organe compliqué, s'arrêtant dans ses métamorphoses, reproduit une disposition normale propre à des organes plus simples. C'est cette ressemblance ou ce rapport que les anatomistes ont l'intention de faire ressortir, quand ils disent que dans

ses imperfections l'organisation de l'homme se rapproche de celle de tel ou tel animal (1).

Mais on conçoit que ces rapports ne sauraient être établis sans que, d'une part, l'embryogénie de toutes les classes soit connue, et, de l'autre, sans la détermination des parties dont se composent leurs organes. Et de là vient l'impulsion générale donnée à ce genre de recherches; et de là vient que, comme je l'ai fait pour l'encéphale, l'organogénie des classes, dont on veut comparer un appareil, doit avant tout précéder, et les rapports anatomiques que l'on peut en déduire, et surtout les applications qui peuvent en être faites à l'anatomie pathologique et à l'étude de la monstruosité. Nous allons en citer quelques exemples (2).

Depuis Harvey, le cœur est devenu le sujet de prédilection des recherches des anatomistes; nul organe n'a été ni plus, ni mieux étudié. On l'a suivi depuis l'instant de son apparition jusqu'à son développement parfait; les changements de forme, de position et de structure, ont été notés avec soin; tout paraît dit sur cet organe. Tout est dit en effet pour le système des développements.

Mais il reste beaucoup à faire pour la théorie des formations. On aura une idée de ces lacunes si l'on considère:

---

(1) On s'abuserait étrangement si, contre l'intention des anatomistes modernes, on traduisait ce rapport, par celui de conversion de l'homme en tel ou tel animal.

(2) On composerait un volume, dit avec raison M. Meckel, des faits dans lesquels l'organisation arrêtée de l'homme, tend à reproduire celle des animaux. Notre but est moins de les reproduire, que d'établir les moyens à l'aide desquels doivent être jugés leurs rapports, dans la théorie des formations organiques.

1° Que l'on n'a pas suivi la marche des deux lames primitives qui le constituent, et qui se convertissent en un canal;

2° Que les transformations que le canal éprouve ne sont ni précisées ni déterminées;

3° Que la dilatation qui, pour Malpighi et Maîtrejean, doit devenir le ventricule droit, paraît être incontestablement, pour Haller, Pander, Burdach et Beer le ventricule gauche;

4° Que tout le monde a bien reconnu l'oreillette droite qui est méconnaissable, mais que l'oreillette gauche est tout-à-fait ignorée;

5° Que l'hypothèse de Lancisi, qui s'aperçut de cette lacune dans les travaux de son maître, n'est pas admissible, par la raison qu'il ne fit nulle attention au *canal auriculaire*, si bien désigné par Malpighi.

6° Que la préoccupation de Haller pour ce canal, dont il fait en quelque sorte un organe particulier, lui a fait méconnaître au contraire sa véritable destination;

7° Que la cause des évolutions si patentes du cœur est également ignorée; que si Lancisi les explique par la contraction de ses fibres musculaires, Haller, qui rejette cette explication, les attribue tantôt à l'élasticité du tissu cellulaire, et tantôt à une force attractive particulière;

8° Que, dans l'une ni l'autre de ces suppositions, on ne rend compte ni pourquoi ni comment le canal cardiaque se convertit en quatre poches distinctes, ni comment ces cavités, d'abord en libre communication entre elles, s'isolent, se séparent, se ferment de manière à former chacune une

cavité distincte, sans communication avec la cavité qui l'avoisine.

La solution de ces diverses questions devant faire l'objet d'un autre travail (1), il n'est besoin pour celle qui nous occupe que de reconnaître la nature du premier des ventricules qui se manifeste dans le cours de l'incubation. Car d'après la supposition que ce ventricule est le gauche, on a dit jusqu'à ce jour que le cœur simple des poissons et des reptiles, est l'analogue du cœur gauche de l'homme et des mammifères. Quoique fondée sur l'absence des poumons chez les poissons, sur la circulation simple des reptiles, sur l'apparition tardive de l'organe pulmonaire dans la série animale et chez les embryons, cette détermination n'est pas exacte. Le cœur des deux classes inférieures correspond évidemment au cœur droit des classes supérieures, comme l'atteste la marche progressive de l'incubation.

En effet, un canal allongé représente le cœur en premier lieu; puis ce canal se dilate sur un de ses points; c'est l'oreillette droite, puis sur un autre qui est le ventricule correspondant, puis sur un troisième qui est le rudiment de ventricule gauche, puis enfin sur un quatrième qui est la seconde des oreillettes. Dans cet état, l'organe est formé par une poche quadrilobée, qui représente assez bien l'estomac des ruminants, puisque ses quatre cavités communiquent ensemble.

L'oreillette et le ventricule droit se dessinent nettement dans une seconde transformation. C'est le cœur des poissons et des reptiles. Alors le ventricule gauche forme un bulbe au-dessus du ventricule droit, comme cela existe chez

(1) Anatomie transcendante, cinquième Mémoire.

le plus grand nombre des poissons et sur beaucoup de reptiles. Un peu plus tard les oreillettes se divisent par une cloison médiane, comme on le remarque chez certains poissons cartilagineux, chez les tortues et les sauriens. Un peu plus tard encore les deux ventricules opérant le mouvement que viennent d'exécuter les oreillettes, une cloison verticale s'élève dans leur intérieur, et tout se dispose pour qu'au moment de la naissance chaque moitié du cœur soit isolée, et indépendante de l'autre. L'une est réservée pour le sang veineux, l'autre pour le sang artériel.

Que le cœur s'arrête dans ces transformations diverses, on voit qu'il doit nécessairement reproduire ou le cœur des invertébrés, ou celui des poissons osseux et des batraciens, ou le cœur des poissons cartilagineux, des sauriens ou des chéloniens. C'est la répétition de ce que nous avons développé dans un autre ouvrage pour l'encéphale (1).

Mais de même que pour cet organe, la clef de tous les rapports résulte de la détermination des lobes optiques des poissons, ramenés aux tubercules quadrijumeaux des mammifères et de l'homme : de même la source des analogies que présente le cœur dans ses décroissements successifs, se déduit de l'exacte appréciation du premier des ventricules qui se manifeste dans le cours de l'incubation. Autant alors les rapports sont naturels et précis, autant ils deviennent vagues et inexplicables si, d'après de faux aperçus, vous changez la nature des ventricules, en attribuant au gauche ce qui véritablement appartient au ventricule droit.

On conçoit, en effet, que pour que cette reproduction

(1) Anatomie comparée du cerveau. T. I^er^, 1^re^ partie.

des formes organiques inférieures se manifeste, ou chez les monstres ou chez les embryons, il est nécessaire que l'organe que l'on compare soit identique dans toutes les classes. S'il est différent, la chaîne des rapports se trouve rompue, et tous les efforts de l'esprit ne sauraient la rétablir. C'est ce que l'on observe pour l'organe pulmonaire.

Un monstre, quelque descendu qu'il soit, ne vous offrira ni les branchies des poissons, ni le sac aérifère des reptiles, par la raison que le poumon de l'homme, des mammifères et une partie de celui des oiseaux, n'est l'analogue ni de ces branchies, ni de ce sac aérifère (1). Le poumon, dans les monstruosités de l'homme, ne pourra que reproduire un des états qui lui sont propres dans le cours de la vie embryonnaire (2).

D'autres fois, au contraire, les ressemblances porteront tout à la fois, et sur l'organisation de l'homme et sur celle des animaux; et les unes comme les autres se déduiront également du mode de formations des parties, et des règles auxquelles ces formations sont assujetties. Telles sont certaines aberrations de la prostate, de l'utérus, du canal de l'urètre, et des organes génitaux externes.

On sait que, comme les autres organes, ceux-ci sont primitivement binaires. La prostate qui est simple chez l'adulte, est non-seulement double chez l'embryon, mais elle a de plus deux lobes de chaque côté. Cette disposition multilobulaire, correspond à la disposition semblable des reins. Plus tard, vers le quatrième et le cinquième mois de la vie

(1) Anatomie transcendante, cinquième Mémoire.

(2) Et au contraire par l'effet des maladies le poumon peut descendre jusqu'à celui des reptiles, et aux sacs aérifères des oiseaux.

utérine, les deux lobes internes se confondent, et la prostate n'est plus alors composée que de trois lobes. Plus tard encore, c'est-à-dire du sixième au huitième mois, tous ces lobes s'unissent entre eux, et forment, comme le rein, un organe unique, qui embrasse l'origine ou une partie de l'origine de l'urètre.

Or, on sait encore que chez divers mammifères les reins restent multilobulaires, comme chez l'embryon de l'homme, et si cette disposition persiste chez ce dernier, son organe urinaire reproduit la disposition qu'il conserve chez les premiers. Il en est de même de la prostate; cet organe reste formé par plusieurs lobes chez le bélier, le bœuf, l'éléphant, et surtout chez les solipèdes où elle est quadrilobée. Si donc l'embryon de l'homme s'arrête à l'une ou l'autre des périodes que nous venons de rappeler, on voit que la prostate peut reproduire, ou celle des solipèdes, ou celle des pachydermes. Dans ces cas, un sinus insolite se développe dans la prostate; des calculs pouvant s'y arrêter, la sonde peut s'y engager dans le cathétérisme, et la chirurgie se trouvait embarrassée dans les cas de cette nature, avant que mon célèbre ami M. Lisfranc ne l'eût éclairée de nos recherches sur l'organogénie.

L'unité prostatique de l'homme rappelle l'unité utérine de la femme adulte. Cette unité, qui se conserve plus ou moins parfaitement chez les singes, montre des traces manifestes de dualité chez les femelles des carnassiers, des herbivores et des rongeurs. Enfin chez quelques-uns de ces derniers, comme les *cavia* de *Gmelin*, et surtout chez le lièvre, les deux matrices, tout-à-fait disjointes, débouchent isolément dans l'intérieur du vagin. Or, on a trouvé chez la femme

des matrices ainsi bilobées, comme chez les rongeurs; on en a trouvé de divisées en partie, comme chez les femelles des herbivores; on en a observé enfin dont le fond offrait une rainure profonde, comme chez beaucoup de singes. Ces déformations n'étaient donc qu'un reculement de cet organe vers des êtres où son organisation est moins parfaite.

Mais ce reculement n'était lui-même qu'un arrêt de formation (arrêt de symétrie); car la matrice formée de deux lames isolées, est bicorne chez l'embryon du deuxième ou troisième mois de formation; puis ces deux moitiés d'utérus se réunissent par la partie qui forme le col, elle est alors simple en avant et double en arrière; puis ce corps double se réunit lui-même, et constitue l'organe impair de la femme adulte. On voit donc comment l'anatomie comparative est reproduite par l'organogénie, et comment et pourquoi l'anatomie pathologique ou les monstruosités répètent les dispositions organiques de l'anatomie comparée. L'anatomie est une.

Mais on voit aussi, que la cause de ces ressemblances comme de ces rapports, réside dans la division des parties; division passagère chez l'embryon et permanente dans les animaux. C'est à ce caractère général, résultant du développement excentrique, que sont également dus l'homogénéité primitive des sexes, l'hypospadias et les simulacres d'hermaphroditisme.

Toutes les parties se formant de dehors en dedans, toutes sont d'abord disjointes, séparées et symétriques. Quand le bassin est ouvert chez le jeune embryon, le canal de l'urètre est fendu dans toute sa longueur, les deux moitiés du pénis et du clitoris sont écartées l'une de l'autre, la ligne mé-

diane du périnée est ouverte dans toute son étendue. Ces deux moitiés d'organes génitaux, marchant à la rencontre l'une de l'autre, se réunissent au moment où se manifeste la symphyse du pubis; leur réunion s'opère en premier lieu par la face supérieure, puis en second lieu par la face inférieure. Avant cette réunion, il n'y a véritablement ni mâle ni femelle; tous les embryons sont identiques sous le rapport du sexe.

La réunion opérée, les deux branches du clitoris et de la verge font au haut du bassin une saillie si prononcée, qu'à cette époque, c'est-à-dire du quarantième au cinquantième jour, tous les embryons paraissent être des mâles; puis, quand la fente du périnée se rétrécit, quand les deux moitiés du scrotum vont pour se réunir, et que les deux moitiés du canal de l'urètre se rapprochent pour se confondre, on prendrait tous les embryons pour des femelles. Ce second déguisement se manifeste vers la fin du deuxième mois et au commencement du troisième.

On voit donc comment il se fait que primitivement il n'y a ni mâle ni femelle; puis qu'en apparence il n'y a que des femelles, puis qu'en apparence encore il n'y a que des mâles. Il suit de là, qu'à une certaine époque, toutes les petites filles ont l'air d'être hermaphrodites, et qu'à une autre époque un peu plus tardive, on prendrait tous les garçons pour des filles, sans un examen très-attentif. Or, que les formations s'arrêtent à l'une ou l'autre de ces périodes, on voit encore comment une fille peut venir au monde en simulant les organes d'un garçon, et comment un garçon peut conserver jusqu'à la naissance le déguisement d'une fille. Ce déguisement des sexes est assez fréquent chez cer-

tains animaux parfaits. Le volume du clitoris, dit un de nos jeunes et savants zootomistes (M. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire), égale celui du pénis dans plusieurs espèces de mammifères, et même chez les singes (1). De telle sorte que, comme chez nos embryons, les femelles sont la plupart du temps prises pour des mâles.

A l'époque où le canal de l'urètre est ouvert dans toute sa ligne inférieure, tous les embryons de l'homme sont naturellement affectés d'hypospadias, c'est-à-dire qu'ils ont une gouttière qui règne sur toute la face intérieure de la verge. Cette gouttière, qui répète la division primitive du sternum, de l'abdomen, du sacrum, de la colonne vertébrale, du crâne et de la face, se ferme, comme tous ces organes, par les progrès des développements. Mais si les développements sont suspendus dans leur marche, il se forme une ouverture accidentelle, analogue quant au mécanisme de sa formation, aux ouvertures accidentelles de ces mêmes parties. Cette ouverture constitue l'hypospadias accidentel, maladie ou monstruosité assez fréquente chez les petits enfants.

Mais de même que la fissure accidentelle du canal vertébral peut se manifester sur divers de ses points, de même l'ouverture insolite qui caractérise l'hypospadias peut occuper diverses régions du canal de l'urètre, et donner naissance aux variétés de cette déformation du pénis, selon qu'elle est placée ou immédiatement au-dessous du gland, ou au milieu de la verge, ou tout-à-fait à sa racine, en se combinant avec la division plus ou moins complète du scro-

(1) Considérations générales sur les mammifères, p. 161 et suivantes, par M. I. Geoffroy Saint-Hilaire.

tum. Or, comme cet arrêt de symétrie du canal de l'urètre frappe en même temps les corps caverneux, il en résulte que la verge s'arrête au degré du développement du clitoris, et le reproduit. Comme la même cause agit sur le scrotum, il en résulte que les bourses divisées et privées de testicule, reproduisent exactement l'organisation descendue des grandes lèvres de la femme. Il y a simulacre d'hermaphroditisme; l'enfant vient au monde avec le déguisement sexuel qu'il avait sur la fin du deuxième mois de sa formation. C'est en cela que consistent le plus grand nombre des hermaphrodites, et par là qu'ils se rapprochent plus ou moins de l'organisation sexuelle des monotrèmes.

Cette empreinte des animaux sur l'organisation humaine, se décèle surtout par le prolongement caudal du petit embryon. Si un caractère saillant distingue l'homme de la plupart des quadrumanes et des mammifères, c'est bien évidemment l'absence de ce prolongement. Or, voici que l'embryon nous le reproduit, et nous dévoile, pour ainsi dire extérieurement, les ressemblances qui le lient par son organisation à la chaîne des êtres dont il constitue le dernier anneau. Cette petite queue de l'embryon humain a même cela de singulier, que c'est lors de sa manifestation et pendant sa durée que se reproduisent les répétitions de l'anatomie comparative. Ainsi c'est à cette époque que la verge, le clitoris, les prostates, la matrice de l'embryon, reproduisent la matrice, les prostates, la verge et le clitoris de certains animaux adultes. C'est à cette époque, que tous les fractionnements osseux du crâne et de la face, reproduisent les fractionnements permanents des mammifères, des reptiles et des poissons. C'est dans le cours de cette période, que

le foie, les reins, les intestins et le cœur lui-même revêtent fugitivement les formes de ces mêmes organes chez les animaux. C'est dans ce moment enfin que l'encéphale se déguise sous des formes qui doivent lui devenir si étrangères. Or, ce qu'il y a de remarquable encore, c'est que le prolongement caudal n'a qu'une existence éphémère, comme toutes les ressemblances organiques de l'embryon. Il disparaît dans le cours du troisième mois, et c'est à partir de cet instant, que l'homme, laissant derrière lui tous les êtres organisés, s'avance à grands pas vers les types organiques qui le constituent.

N'oublions pas de faire remarquer qu'un grand nombre de déformations organiques que nous présentent les enfants, ne sont que des états relatifs à l'âge auquel nous les observons. Il a été une époque de l'embryon où cette disposition que nous qualifions de maladive ou de monstrueuse, était l'état normal et régulier de ce même organe. Il n'est donc monstrueux que par comparaison, ou par la raison qu'il est resté stationnaire, tandis que le reste de l'organisation a marché autour de lui. L'anatomie pathologique n'est devenue une science d'exception que parce que l'on a méconnu trop long-temps ce principe. A mesure que l'organogénie fait des progrès, on voit se réduire à la plus grande simplicité des faits qui tiennent à un arrêt de développement, et que l'on présentait naguère comme des exemples de cette tendance au merveilleux et à l'extraordinaire, que l'on supposait à la nature. De ce nombre, est la persistance des vaisseaux omphalo-mésentériques, considérés comme des veines ombilicales doubles ou triples.

Il n'est pas d'anatomiste qui ne sache que chez le jeune

embryon la vésicule ombilicale communique avec l'abdomen par deux vaisseaux nommés omphalo-mésentériques (1); ces vaisseaux sont une veine et une artère. La veine logée entre les deux lames primitives du mésentère, se porte de la vésicule à la veine mésentérique supérieure. L'artère, placée en dehors de ces replis, est toujours supérieure à la veine et se rend à l'artère mésaraïque. Enfin la veine ombilicale, située sur un plan un peu plus antérieur, s'abouche, comme de coutume, avec le sinus hépatique. Tout embryon, observé à cette époque, offre donc trois branches vasculaires dans la direction de la veine ombilicale: 1° celle-ci qui rejoint le foie; 2° l'artère omphalo-mésentérique qui rejoint l'estomac; 3° et la veine du même nom qui rejoint les intestins grêles.

Dans le cours ordinaire des formations organiques, les

(1) Cette vésicule a été d'abord observée par Albinus, Annot. academ., l. I, tab. I, fig. XII, litt. C. Il a bien vu et décrit son pédicule, comme l'avait déja indiqué Noortwik; mais ce n'est que depuis Wriberg que cet organe qu'il nomme *vesicula secundinarum*, est bien connu. Ce célèbre anatomiste l'a fait représenter dans sa position chez un embryon de la septième semaine : trois figures parfaitement exactes la représentent, ainsi que la description l'indique, située entre le chorion et l'amnios. Un auteur moderne a dit le contraire; mais il a bien vite reconnu et redressé lui-même son erreur. Wriberg représente aussi la veine et l'artère omphalo-mésentériques, qu'il conduit jusqu'à l'entrée du cordon dans l'ombilic. C'est à M. Oken que nous devons des notions précises sur cet intéressant appareil, dont l'existence est si fugace chez l'homme et les mammifères. Jusqu'à présent, on n'avait pas réussi à faire passer le liquide de la vésicule dans les premiers rudiments du canal intestinal; M. Velpeau est parvenu dernièrement à suivre cette communication.

vaisseaux omphalo-mésentériques s'atrophient et disparaissent avant la fin du premier tiers de la gestation; la veine ombilicale survit seule à cet ordre de vaisseaux. C'est l'état régulier et normal du fœtus. Mais supposez que les vaisseaux omphalo-mésentériques persistent au-delà de leur terme accoutumé, le fœtus alors se présente avec trois vaisseaux au lieu d'un; il y aura avec la veine ombilicale, la veine et l'artère omphalo-mésentériques. Ce sera la veine ombilicale triple des auteurs. Supposez encore que l'un des vaisseaux omphalo-mésentériques persiste tandis que l'autre disparaît, vous aurez dans ce cas toujours la veine ombilicale et de plus un vaisseau insolite qui sera ou l'artère ou la veine omphalo-mésentérique. C'est ce qui a souvent été décrit sous le nom de veine ombilicale double. Et remarquez que la description même des auteurs ne laisse aucun doute à ce sujet; car dans les premiers cas, ils notent avec soin que la veine ombilicale se rendait, comme dans l'état normal, dans le sinus hépatique, et que des deux troncs surnuméraires, l'un se portait à l'estomac et l'autre aux intestins grêles. Observez aussi que, dans les ombilicales doubles, le vaisseau insolite se dirigeait vers l'un ou l'autre de ces organes, selon que c'était la veine ou l'artère omphalo-mésentérique qui avait persisté.

Ainsi, dans les cas de veines ombilicales triples décrits par Noortwik et Besler, vous voyez le tronc supérieur se porter à l'estomac, l'inférieur se rendant à l'intestin grêle, et l'antérieur qui est la veine ombilicale, suivre sa direction vers le foie. L'observation de Fabrice d'Aquapendente est surtout précieuse sous ce rapport : car il a fait représenter très-exactement les parties, et quiconque a vu une seule fois les vais-

seaux omphalo-mésentériques, ne peut les méconnaître dans les deux vaisseaux insolites qui coïncident avec la veine ombilicale. Réduisez ce fœtus au trentième de sa grandeur et vous aurez la représentation fidèle des vaisseaux omphalo-mésentériques et de la veine ombilicale dans leur état normal (1); il en était de même du cas rapporté par Trew.

Dans les cas de veine ombilicale double, tantôt, comme dans l'observation de Kerkring et d'Arantius, l'ombilicale insolite va rejoindre la veine mésentérique supérieure, ce qui correspond exactement à la veine omphalo-mésentérique; tantôt comme dans le cas rapporté par Needham, le vaisseau anormal rejoint l'estomac et correspond parfaitement à l'artère du même nom.

En lisant ces descriptions dans les auteurs, vous les voyez frappés d'admiration à l'aspect de ces aberrations de leur prétendue veine ombilicale; les expressions leur manquent pour rendre le merveilleux qu'ils croient entrevoir dans ces jeux de la nature. Aujourd'hui que nous avons fait un pas de plus dans l'étude de l'organisation, tout ce merveilleux se dissipe, nous ne voyons que ce qui est, une persistance des vaisseaux omphalo-mésentériques au-delà de leur terme accoutumé. Nous ne saurions trop le répéter pour les progrès de l'anatomie pathologique : le merveilleux n'est que dans notre esprit; l'ordre, la constance, l'assujétissement aux mêmes lois, aux mêmes règles, voilà la nature.

Plus on avancera dans l'étude des formations organiques,

---

(1) Une des meilleures figures que nous ayons de la vésicule ombilicale et de ses vaisseaux, est celle de Wriberg, fig. 3, D, E.

moins l'anatomie pathologique deviendra compliquée ; plus on aura lieu de se convaincre qu'une grande partie des monstruosités sont dépendantes d'un arrêt de formation qui fixe certains organes à une période embryonnaire que d'ordinaire ils ne conservent que momentanément. Je vais en citer un dernier exemple.

Personne n'ignore que certains de nos ruminants domestiques, le bœuf et le mouton, ont un vaste estomac divisé en quatre loges de capacités inégales. En suivant l'ordre de leur grandeur respective, ces loges sont la *panse*, la *caillette*, le *feuillet* et le *bonnet*. Dans les monstruosités, cet ordre se trouve fréquemment interverti. J'ai vu sur des agneaux et des veaux monstrueux, tantôt le *bonnet* plus ample que les autres cavités; tantôt la *panse* dépassant à elle seule la capacité des trois autres estomacs; tantôt enfin le *feuillet* plus large que la *caillette*. Ces estomacs, dont la forme était si éloignée de celle de l'état normal, n'étaient monstrueux que parce que l'équilibre se trouvait rompu entre les cavités qui le constituent.

Or, d'après les règles que nous exposons, il était à présumer qu'en suivant le développement de cet organe chez l'embryon des ruminants, on y trouverait la cause de ces inégalités de volume et de capacité. On l'y trouve en effet.

Primitivement, chez de très-jeunes embryons de mouton et de veau, le *bonnet* était la seule cavité apparente. Un peu plus tard la *panse* dépassait à elle seule la capacité des trois autres loges. Un peu plus tard encore l'ordre de volume était le suivant, la *panse*, le *feuillet*, le *bonnet* et la *caillette*. A une quatrième métamorphose la *caillette* dépassait le *feuillet* et le *bonnet*, dont les capacités étaient égales. Enfin, ce

n'est que peu de temps après l'apparition des poils que cet estomac quadrilobulaire nous a paru arrêter les formes qui lui sont propres chez l'animal parfait.

On voit donc, 1° que dans le cours de l'embryogénie chacune des cavités de l'estomac des ruminants est tour à tour dominante et dominée; 2° que selon que l'embryon s'arrêtera à l'une ou l'autre de ces périodes de formation, ce sera ou le *bonnet*, ou la *panse*, ou la *caillette*, ou le *feuillet*, dont le volume dépassera celui des autres; 3° on voit enfin que les monstruosités que nous avons rencontrées, n'étaient que des dispositions organiques embryonnaires, persistant au-delà du terme qui leur est ordinairement assigné par la nature.

La même remarque est applicable au cœcum des ruminants et de l'homme.

La même remarque est applicable à tout le paquet intestinal pris en masse.

Article V.

Du siége qu'occupent les déformations organiques, provenant d'un arrêt de développement.

On voit enfin, qu'en nous élevant dans la vie embryonnaire de l'homme, ou, ce qui revient au même, en descendant vers l'anatomie des classes inférieures, nous pouvons retrouver des types organiques, correspondants à ceux que nous offrent les organes déformés par arrêt de développement.

Mais ni tous les organes, ni les différentes parties d'un même système d'organes, ne seront également soumis à ces déformations. Il y a de l'ordre dans ce désordre même; et

cet ordre est une suite de la loi générale des développements de la circonférence au centre.

L'anatomie comparée nous met déja sur la voie de cette règle des variations. Les organes des animaux sont d'autant plus variables et différents les uns des autres, que leur position est plus excentrique. De là les variétés infinies des caractères zoologiques; ces variétés sont déja moins grandes dans les muscles sous-cutanés, elles sont moins sensibles encore dans les muscles profonds. Les os sont plus analogues que les muscles, et les viscères centraux plus ressemblants encore que les os. Quel que soit le système organique que l'on considère, les dissemblances sont à la périphérie et les ressemblances au centre. On peut en juger par un seul exemple; tous les anatomistes sont d'accord sur les pièces osseuses qui occupent le centre de la tête des poissons, tandis qu'ils diffèrent tous sur la détermination des pièces qui en forment la ceinture.

L'embryogénie reproduit ces caractères; car tandis que les formes primitives du cœur et de l'axe cérébro-spinal sont analogues dans toutes les classes, la périphérie de ces êtres est si différente, que chacun d'eux conserve le type qui lui est propre. Ainsi l'embryon du reptile ne répète pas le poisson à l'époque où son encéphale est ichtyomorphe. L'embryon de l'oiseau n'est ni reptile ni poisson, aux époques où son cerveau reproduit les formes de celui de ces classes. Enfin l'embryon de l'homme est toujours homme, quoique son axe cérébro-spinal revête fugitivement les formes encéphaliques des classes inférieures.

On a dit, et on a même fait représenter le contraire; mais ces monstres d'homme, à figure et à tête de cheval, de co-

chon, d'oiseau, de reptile et de poisson, doivent être relégués dans le domaine de la fable, à laquelle ils ont été empruntés.

Cette règle des variations organiques, se rattache à celle des développements. Les organes se forment et se déforment de la circonférence au centre. Chacun peut suivre de l'œil ce mécanisme, dans l'exemple que j'en ai donné pour la membrane ombilicale des oiseaux, dans le cours de l'incubation (1); dans la formation et la déformation du système nerveux pendant les métamorphoses des larves des insectes (2). Tout se suit; la nature se répète dans ses diverses productions : elle développe les organes irréguliers comme ceux qui nous servent de type dans nos descriptions.

Cela étant, on voit de suite, 1° que les organes situés à la périphérie de l'être, seront plus que les autres exposés aux déformations; 2° que sur les divers appareils organiques, la monstruosité devra siéger plus fréquemment à ses extrémités qu'au centre de l'appareil.

Si du principe nous descendons aux faits, on aura lieu d'être surpris que ce rapport du siége des déformations organiques n'ait pas déja frappé les anatomistes.

Premièrement, sur l'être en général, les acéphales et les anencéphales forment plus de la moitié des monstres par défaut; les deux tiers de la seconde moitié appartiennent aux aberrations du sacrum, du bassin et des organes qu'ils protègent; le plus petit nombre se remarque sur la partie médiane et centrale du tronc.

Secondement, les déformations qui affectent les membres

(1) Anatomie transcendante, troisième Mémoire, p. 33, 34. 40.

(2) Anatomie comparée du cerveau. T. II, chap. I^er.

portent en premier lieu sur leurs extrémités digitales, en second lieu sur leur extrémité articulaire, et en troisième lieu, mais beaucoup plus rarement, sur leur partie centrale.

Troisièmement, si vous considérez la monstruosité par défaut dans sa plus grande généralité possible, vous voyez la tête manquer, puis les membres, mais surtout les inférieurs, puis la poitrine, tandis que constamment dans le monstre le plus réduit, le tronçon abdominal reste et se conserve. La disparition de l'individu s'opère de la circonférence au centre.

Passons maintenant aux appareils organiques en particulier.

Et d'abord sur le canal intestinal ; à l'une de ses extrémités, nous voyons sans cesse se reproduire la perforation de la voûte palatine, les imperfections de la langue, et surtout les irrégularités de la dentition. A l'extrémité opposée on remarque fréquemment l'absence du rectum, l'occlusion complète de l'intestin, ou son imperforation (1), l'abouchement anormal de cet organe, tantôt avec la vessie chez l'homme, tantôt avec la vessie ou le vagin chez la femme. La fréquence de ces déformations est sans doute remarquable, mais elle le devient surtout si vous leur opposez l'extrême rareté

(1) Observons à ce sujet, que l'oblitération de l'anus est très-fréquente, tandis que rien n'est plus rare que l'oblitération de la bouche. Dans cet état la monstruosité reproduit l'organisation des *méduses* et des *rhisostomes*, chez lesquels une seule ouverture fait à la fois l'office de bouche et d'anus. La tendance à l'imperfection, de la fin du canal intestinal, est du reste une suite de son développement incomplet qui se prolonge jusque chez les oiseaux et les monotrèmes.

de celles qui affectent l'estomac, le foie et la rate, que l'on peut considérer comme le centre de cet appareil.

Sur l'axe cérébro-spinal, qui ne sait que les anomalies des lobes cérébraux et du cervelet, que les hydro-céphalies, les anencéphalies, les hydro-rachis et les spina-bifida, siégent habituellement sur ses deux extrémités, tandis que rien n'est si rare qu'une déformation congéniale et partielle de la partie moyenne de la moelle épinière?

L'observation nous montre la répétition du même rapport, dans les aberrations de l'appareil génito-urinaire. Nous voyons tous les jours se reproduire à l'une de ses extrémités, l'absence ou la déformation des capsules surrénales, la déformation, l'absence ou le déplacement des reins, l'arrêt de développement des ovaires et des testicules; à l'extrémité opposée nous remarquons aussi fréquemment les imperfections de la verge et des bourses, du vagin et des grandes lèvres, l'imperforation du gland, les hypospadias, les variétés de l'hermaphroditisme, etc., tandis que rien n'est si rare en comparaison, que les déformations spéciales de la matrice et de la vessie placés au centre de cet appareil.

Ce siége des variations se remarque jusque sur le système sanguin; l'artère cœliaque placée au centre de l'aorte est si fixe dans son insertion, que je ne connais pas un fait qui atteste son déplacement. Les variations et les anomalies de la crosse de l'aorte et des iliaques, sont au contraire si fréquentes qu'il n'est pas d'anatomiste qui ne les ait souvent observées.

De ce principe dérive la coïncidence des aberrations quand elles sont multiples sur le même sujet; toujours on les re-

marque à l'extrémité des divers appareils, et rarement à leur centre. On vient d'en voir la raison.

La formation et la déformation des membres est si étroitement assujétie à la loi du développement excentrique, que je ne puis concevoir encore les objections que m'ont faites à ce sujet divers anatomistes. La question est toute renfermée dans l'ordre successif de la manifestation des faits.

Que si les membres se développent du centre à la circonférence, on doit voir paraître en premier lieu le bras et la cuisse, en second lieu la jambe et l'avant-bras, en troisième lieu la main et le pied.

Que si au contraire, le développement s'opère de la circonférence au centre, c'est directement l'inverse qui doit avoir lieu. La main et le pied doivent paraître de prime abord; au pied et à la main doivent succéder la jambe et l'avant-bras, et à ceux-ci le bras et la cuisse. La solution de la question résulte, comme on le voit, de l'ordre que suit l'apparition des parties dont se composent les membres.

Or, cette apparition a constamment lieu ainsi qu'il suit. Sur la fin du premier mois de l'embryon de l'homme, les membres sont représentés par de petits mamellons. Ces mamellons s'épanouissant au commencement du deuxième mois, on en voit sortir la main et le pied, et seulement le pied et la main. Vers la septième semaine l'avant-bras est ajouté à la main, la jambe au pied, et on ne voit aucune trace ni de bras ni de cuisse. Enfin ce n'est que dans le cours de la huitième, et quelquefois de la neuvième semaine, que les membres se complètent par la manifestation du bras et de la cuisse. Cet ordre est constant, je le répète; jamais on ne voit la cuisse et le bras précéder la jambe et l'avant-bras; jamais

on n'observe l'avant-bras et la jambe précéder les pieds et les mains. Le développement n'a donc pas lieu du centre à la circonférence.

Il s'opère incontestablement de la circonférence au centre, comme on vient de le voir, et comme l'attestent encore les proportions qui existent entre ces diverses parties. Car au moment où les membres se composent de la main et de l'avant-bras, du pied et de la jambe, le pied et la main sont énormes eu égard à l'exiguïté de la jambe et de l'avant-bras. Et de même quand les membres sont complets, la cuisse et le bras paraissent atrophiés à côté de l'avant-bras et de la jambe. Ces proportions ne souffrent pas plus d'exception que l'ordre et la succession des parties; ordre et succession qui sont exactement les mêmes chez l'embryon des oiseaux, et sur les têtards des batraciens, chez lesquels la lenteur des développements permet d'en suivre tous les phases.

Or, il est facile de déduire les conséquences qui résultent de ces faits, et de l'arrêt des développements. On conçoit, en effet, que si l'avortement arrive dans la première période, les membres seront uniquement représentés par les pieds et les mains; que s'il survient dans la seconde, il n'y aura que les mains et l'avant-bras, les pieds et les jambes; que s'il survient dans la troisième, les trois parties des membres seront présentes, mais il existera entre elles les disproportions que nous avons exposées, parce qu'elles sont un résultat inévitable de la loi des développements. Tous les faits de monstruosités des membres confirment ce principe, que nous trouverions appuyé encore par la considération des membres des phoques, des chauves-souris, de la plupart des oiseaux et de beaucoup de reptiles, si notre

sujet nous permettait d'entrer dans ces développements.

Mais, désirant par-dessus tout éclairer les déformations dont peut être affectée l'organisation de l'homme, nous devons ajouter que la main comme le pied ne se forment pas de toute pièce; le développement des doigts s'opère de dehors en dedans, du côté externe au côté interne. D'où il suit encore que ces deux parties venant à être frappées par l'arrêt de formation, l'avortement affectera la partie interne avant de s'étendre à la partie externe. Ainsi, s'il n'y a qu'un doigt à la main ou au pied, ce sera le cinquième qui existera, puis le quatrième, puis le troisième, puis le deuxième, puis enfin le pouce.

Pareillement les os qui composent le tarse et le carpe se succèdent dans le même ordre, c'est-à-dire de dehors en dedans. De ce mode de développement naissent les luxations congéniales dont paraissent affectés tous les jeunes embryons. Ces luxations ont toujours lieu en dedans, par la raison que le pied et la main manquant d'appui de ce côté, c'est de ce côté que le membre doit mécaniquement incliner.

Si donc les pieds et les mains sont arrêtés dans leur formation, on voit d'une part pourquoi ils seront luxés, et de l'autre on voit encore comment il arrive que constamment les luxations sont en dedans (1).

En définitive donc, les monstruosités par arrêt de développement sont plus fréquentes à la circonférence qu'au centre des organes, des appareils organiques et de tout l'animal qui en est affecté.

---

(1) Des lois de l'Ostéogénie, partie IV, de la formation et de l'évolution des membres.

Circonstance d'autant plus digne d'être remarquée que nous verrons la disposition inverse servir de règle aux organes monstrueux par excès de développement.

Les premières se forment sous l'influence des lois du développement excentrique et de symétrie.

Les secondes seront le résultat de la loi de conjugaison.

SECONDE PARTIE.

Article VI.

De la monstruosité par excès. — Composition des organismes qui la constituent.

Mais la monstruosité n'est pas limitée à cette imperfection des développements; souvent, au contraire, le nombre des parties se trouve augmenté. L'être monstrueux qui en résulte offre d'abord les organes propres à un individu simple, et de plus des organes surajoutés qui le doublent en partie, ou en totalité.

Dans le système des développements ce surcroît de parties ne venait pas seulement compliquer le problème de la monstruosité, il le changeait en tout point. Dans le néant où était tombée l'épigénie organique, on ne pouvait que difficilement concevoir un être surabondant. On concevait bien ou du moins on croyait bien concevoir les êtres défectueux, par la raison que l'on attribuait les défectuosités à une maladie. Et bien que les maladies fussent tout aussi inconnues

que les défectuosités, on se contentait néanmoins de cette apparence d'explication.

Mais cette explication ne pouvait être appliquée aux monstres par excès. Comment attribuer à une maladie la production d'une tête nouvelle? celle d'un ou de plusieurs membres? La chose était impossible. On imagina donc de supposer que tout monstre par excès était le produit de deux êtres; que de ces deux individus, l'un était détruit en partie par les maladies, et que les organes qui survivaient à cette destruction allaient se coller ou se greffer sur l'autre sujet resté sain et intact. Cette hypothèse qui eut une certaine vogue, ne fut jamais celle des anatomistes; il leur répugnait d'attribuer au hasard, et à un désordre aussi extraordinaire, l'ordre et l'harmonie qu'ils observaient dans la disposition des organes surnuméraires. Il en fut de même de beaucoup d'autres suppositions, qui furent rejetées, parce que nulle d'entre elles n'avait ses racines dans l'étude approfondie de l'organisation.

Sacrifiant le brillant au solide, les anatomistes en revenaient toujours à l'observation. Malheureusement l'observation restait stérile à cause de l'absence de règles propres à leur faire concevoir les associations organiques qu'ils avaient sous les yeux. Privés de termes de rapport, ils se trouvaient en présence d'une anatomie nouvelle dans laquelle tout leur paraissait insolite; la forme, le nombre, la disposition des organes et leurs rapports; l'absence même des rapports et le bouleversement général qu'ils remarquaient dans les viscères quand d'autres viscères venaient se loger, ou dans la poitrine, ou dans l'abdomen, ou même dans le crâne.

La confusion paraissait ici la règle, le désordre semblait

substitué à l'ordre. Aussi la plupart des observateurs effrayés des difficultés que leur offrait cette anatomie, ne la décrivaient-ils que d'une manière vague, et sans même hasarder de s'en rendre compte. D'autres se déguisaient leur insuffisance en disant que la nature se jouait en produisant de tels arrangements. D'autres encore, pour qui le doute était trop fatigant, imaginaient des germes monstrueux ainsi construits primitivement. Tous, pour en finir d'une manière ou d'une autre avec des êtres si importuns à la science, les considéraient comme des méprises de la nature, qu'il fallait en quelque sorte lui pardonner, en raison de l'ordre admirable que d'habitude elle déploie dans ses autres créations.

Nul ne paraissait se douter que les faux principes qui régissaient la science, la condamnaient à cette impuissance, et que pour sortir du cercle étroit dans lequel on s'était renfermé, il était nécessaire de revenir sur ses pas, et de reprendre des recherches délaissées depuis un demi-siècle.

Ces recherches avaient pour objet les formations organiques; car anciennement on avait compris qu'avant d'arriver à expliquer l'augmentation des parties, il était indispensable de savoir comment se forment les parties ordinaires. On avait bien compris que la composition, la disposition et les rapports des parties surajoutées, ne seraient éclairés qu'après que les rapports et la composition des parties normales seraient connus.

Que sont, en effet, pour la nature quelques organes de plus? Déterminer comment les organes ordinaires se forment et se coordonnent dans l'état normal, tel était le problème à résoudre; la solution des monstres par excès se réduisait

ensuite à une question de surabondance de matériaux dont il restait à suivre les dispositions nouvelles.

En procédant ainsi du simple au composé, on marcherait du connu vers l'inconnu. Pour se rendre compte des organes complexes et doubles des monstres, on aurait sous les yeux les organes de même nature des êtres simples et réguliers. Les uns mettraient sur la voie des autres. La composition des organes normaux déterminée, on pourrait espérer d'arriver à celle des organes anormaux. A la vérité les matériaux de ces derniers proviennent souvent de sujets différents. Mais qu'importe à la nature d'où lui viennent ses matériaux? pourvu qu'ils soient identiques, elle n'en construit pas moins les organes, en leur appliquant les règles qui la dirigent dans ses formations ordinaires. A la vérité encore, la confusion que la présence de nouveaux viscères produit dans leur disposition, est quelquefois on ne peut plus étrange; mais si nous parvenons à déterminer la cause de leurs rapports naturels, cette étrangeté disparaîtra d'elle-même; nous verrons ce désordre apparent ramené à l'ordre, cet écart de la règle rentrer dans la règle, et confirmer ainsi l'uniformité du plan général de la nature.

L'organisation des monstres par excès nous fournira de cette manière des données dont l'application ne sera pas sans fruit pour les organisations normales. Il n'est pas jusqu'à la mort presque inévitable, dont ils sont frappés à la naissance, qui ne puisse être mise en œuvre par la physiologie. Car il y a beaucoup à apprendre, pour la science de la vie, dans la comparaison de deux types généraux d'organisation, dont l'un est presque toujours mortel, et l'autre presque toujours viable; la raison de la mort du premier et de la viabilité

du second, est souvent rendue manifeste par la conversion des deux organisations; le type mortel devient viable, en rentrant dans les conditions à peu près normales; et le type viable devient mortel en se rapprochant plus ou moins des conditions anormales. La mort des uns explique la vie des autres.

Combien d'ailleurs de problèmes anatomiques et physiologiques nouveaux ressortent de leur organisation! Ici, c'est un estomac unique qui doit servir à la nutrition de deux êtres; là, un double estomac destiné à celle d'un enfant simple par le haut. Chez un troisième, un seul diaphragme appartient à deux poitrines; une tête simple est commune à deux enfants; tous les organes même peuvent se réunir par moitié pour accomplir une fonction unique.

Plus ces organisations sont surprènantes, plus elles semblent violer l'ordre commun, plus il était nécessaire d'en rechercher les causes particulières, d'en assigner les limites actuelles, et de les ramener même, s'il était possible, aux lois générales connues.

C'est le but que nous nous proposons d'atteindre en étudiant, d'abord les associations organiques par lesquelles les deux êtres confondent leurs organismes, puis les associations individuelles qui sont le résultat de l'accord et de l'harmonie de ces organismes nouveaux.

Article VII.

Loi de conjugaison et d'association des organismes chez les monstres doubles. Organes complexes.

Si nous savions en vertu de quelle force les molécules organiques homogènes se portent les unes vers les autres, nous aurions l'explication des développements excentriques. Nous saurions pourquoi lorsque deux parties de même nature sont en présence l'une de l'autre, elles s'attirent mutuellement et se confondent en une seule masse dont la forme est toujours déterminée par celle des composants réunis. Les organes exécutent alors en masse ce que les tissus primitifs opèrent les uns à l'égard des autres. Sans chercher à pénétrer plus loin que l'anatomie ne peut nous conduire, on ne peut s'empêcher de reconnaître dans ce mouvement quelque chose d'analogue à celui des molécules composantes, agissant les unes sur les autres pour former d'abord la molécule minérale, puis le cristal (1).

On peut même aller au-delà, car rien n'est si ordinaire que de trouver des cristaux qui paraissent se pénétrer mutuellement à la manière de deux solides géométriques. Cet accident a lieu lorsque les centres de plusieurs cristaux naissants sont à de petites distances les uns des autres, et que ces cristaux en prenant de l'accroissement, parviennent

(1) Voyez à ce sujet M. Chevreul : Analyse organique ; le Discours préliminaire de l'Anatomie comparée de M. de Blainville ; et la Philosophie anatomique de M. Geoffroy Saint-Hilaire.

à se toucher, en sorte qu'ils ne peuvent plus continuer de croître sans que leurs faces ne s'entrecoupent (Haüy).

Pareillement quand deux organes homogènes sont amenés au point de contact, ils se pénètrent, deux faces contiguës s'entrecoupent, comme celles des cristaux ; mais leur accroissement s'effectuant par intussusception, les deux organes finissent par se réunir et se confondre en une seule masse qui forme ce que nous avons nommé organe complexe.

On peut distinguer deux sortes de cette pénétration organique; l'une naturelle ou normale, l'autre accidentelle ou anormale. La première a lieu quand des parties de même nature sont amenées l'une contre l'autre par le seul progrès des développements. L'autre se manifeste au contraire, ou quand des parties homogènes faites pour rester à distance l'une de l'autre sont fortuitement portées à se toucher, ou bien encore quand, chez les monstres par excès, un nouvel organe se forme en présence de celui qu'exige l'ordre naturel des développements.

On a des exemples de la pénétration normale dans la formation de l'os canon de certains ruminants, dans celle de l'os de l'avant-bras et de la jambe des reptiles batraciens, dans la formation de l'aorte, de l'artère spinale antérieure et de la basilaire, etc. Dans ce cas, deux artères se résolvent en une, deux os parfaitement distincts se convertissent en un seul os. Le corps thyroïde de l'homme répète en partie la même disposition : on sait qu'il est double chez les mammifères et les embryons ; à mesure que celui-ci se développe, les deux angles inférieurs sont portés l'un vers l'autre; ils ne font d'abord que se toucher, puis ils se pénètrent, puis

ils se confondent. L'organe était pair chez l'embryon, il est impair chez l'enfant.

La pénétration accidentelle reproduit exactement le mécanisme de cette formation. D'ordinaire les deux glandes amygdales sont écartées l'une de l'autre par toute la largeur de la base de la langue; il arrive quelquefois que leur extrémité inférieure se porte sur cette base, et se réunit à sa congénère de la même manière que le font les deux angles inférieurs du corps thyroïde. D'ordinaire les deux reins sont à une grande distance l'un de l'autre, quelquefois ils sont ramenés sur la ligne médiane; là ils se touchent, se pénètrent, et forment un corps rénal unique qui répète dans l'abdomen la disposition du corps thyroïde.

La même chose arrive pour les deux yeux quand ils sont amenés l'un vers l'autre, pour les deux oreilles quand elles parviennent au point de contact. Les deux yeux n'en font qu'un, les deux oreilles se réunissent en une seule oreille. La même chose survient aux membres si écartés les uns des autres dans l'état normal. Ainsi les deux scapulum, les deux os coxaux, n'en font qu'un; les deux humérus, les deux fémurs, le cubitus et le radius, le péroné et le tibia, se confondent les uns avec les autres, et répètent exactement la formation de l'os canon, et l'os du bras et de la jambe des batraciens.

Les formes organiques résultant de ce mode de pénétration sont irrégulières, eu égard à la forme de l'un des composants; mais elles sont régulières en soi, en tant qu'elles résultent de la coalescence plus ou moins profonde de

deux éléments dont les formes sont déterminées. Ainsi le corps thyroïde diffère bien évidemment de chaque moitié de ce corps considéré chez l'embryon ou chez les mammifères; ainsi l'os canon est différent des deux os qui le constituent; ainsi la forme des deux yeux fondus en un seul n'est pas la même qu'un œil ordinaire. Mais cette forme nouvelle est tout aussi régulière, tout aussi invariable que les formes normales des organes simples.

Le mécanisme de formation de ces organes est le même chez tous les êtres réguliers ou irréguliers; ils diffèrent seulement par le nombre des composants qui se rencontrent chez les uns, et ne sauraient se trouver chez les autres.

Ainsi tous les organes doubles ou pairs peuvent se réunir et se confondre de manière à former des organes complexes, soit chez les êtres réguliers, soit chez les monstres par défaut. Mais on conçoit que cette formation est impossible pour les organes uniques ou impairs, tels que le pharynx, l'estomac, les intestins, le cœur, le foie, la vessie, l'utérus, etc., etc. Pour que ces derniers organes puissent devenir complexes, il faut nécessairement que primitivement il y ait eu deux utérus, deux vessies, deux cœurs, deux foies, deux estomacs, deux canaux intestinaux; or, ces doubles organes ne se rencontrant et ne pouvant se rencontrer que chez les monstres par excès, il en résulte que c'est chez ces êtres et seulement chez eux, que pourront se rencontrer les utérus, les vessies, les cœurs, les foies complexes. C'est en effet ce qui a lieu, et ce qui a été vu par un grand nombre d'anatomistes, quoiqu'ils n'aient pu s'en rendre compte.

Supposez en effet que deux cœurs se trouvent dans un même thorax, deux foies dans un même abdomen; si par

une disposition que nous chercherons à déterminer, ces organes sont portés l'un vers l'autre, comme le sont, ou les deux reins, ou les deux thyroïdes, il en résultera un cœur unique, un foie unique. Les deux organes n'en formeront plus qu'un seul. Il en sera de même de deux pharynx, de deux estomacs, de deux utérus, de deux vessies. Il est inutile de dire que la composition de ces organes complexes sera d'autant plus compliquée, que les composants seront eux-mêmes moins simples. Ainsi un estomac, un foie, une vessie complexe, seront facilement reconnaissables et déterminables dans les parties qui sont immédiatement en rapport avec eux; il n'en sera pas de même pour les organes compliqués, tel que le cœur.

Pour peu que l'on se rappelle la composition normale de cet organe chez l'homme, le nombre de ses cavités, le nombre, la disposition et la nature des vaisseaux qui en sortent ou qui y pénètrent, on concevra, sans peine, la confusion qui devra résulter de la fusion de deux cœurs en un seul; la difficulté qu'il y aura à distinguer la nature des ventricules et celle des vaisseaux; les réunions, les séparations ou les transpositions qui auront pu s'effectuer entre eux, agglomérés comme ils le sont sur un si petit espace. On concevra surtout que les anatomistes n'aient pu souvent démêler cette confusion, persuadés comme ils l'étaient que tous ces vaisseaux prenaient leur origine dans le cœur.

Mais en procédant d'après l'idée contraire, on parvient, par une observation attentive, à démêler cette complication; à se rendre compte de la nature de ces nombreux vaisseaux, de leurs associations nouvelles, de leurs insertions séparées ou communes, soit dans les oreillettes, soit dans les ventri-

cules. On parvient à reconnaître les parties des cœurs par lesquelles s'est opérée la pénétration, et par ce moyen on arrive à déterminer la nature des cavités de ce cœur complexe. Les connexions des parties environnantes, principalement celles des organes hépatiques, facilitent toujours ces diverses déterminations.

On voit donc que, quoique nouveaux et sortis en apparence de toutes les limites connues, les organes complexes des monstres sont néanmoins régulièrement conformés; le mécanisme de leur formation étant le même que celui de la formation des os canons et du corps thyroïde, on voit encore qu'il n'est pas nécessaire de recourir à des lois spéciales pour se rendre compte de leur développement. La nature de leur composition est, à la vérité, différente chez les monstres par excès ou par défaut; mais cette différence est facilement appréciable d'après l'absence ou la présence des composants de ces organes. Car tout organe complexe exigeant, comme le corps thyroïde, deux parties analogues pour sa composition, on conçoit facilement que tous les organes pairs des monstres par défaut peuvent se transformer en organes complexes; de même que l'on conçoit aussi que cette transformation est impossible pour les organes impairs. Pour que ces derniers puissent devenir complexes, il faut qu'ils se doublent; or, cette duplicité ne pouvant se manifester que chez les monstres par excès, ce n'est donc que chez eux que les organes ordinairement impairs pourront se transformer en organes complexes.

Article VIII.

Suite des organes complexes des monstres par excès. Loi d'association.

Mais tout en convenant que les organes complexes sont bien de doubles organes confondus, on peut demander quelles sont les preuves qui attestent leur mode de formation? Qu'est-ce qui établit que leur disposition n'est pas primitive, et qu'elle est au contraire le résultat d'une sorte de pénétration dont le corps thyroïde nous fournit le type? On conçoit que pour répondre à cette question, il est nécessaire qu'à une certaine époque chaque organe pénétré conserve ses limites, de sorte que l'on puisse dire, ici commence et là finit l'organe A; ici finit et là commence l'organe B, dont la réunion a constitué l'organe complexe C. L'organogénie, les divers degrés de pénétration des organes composants, et l'appréciation des conditions sous l'influence desquelles s'opère cette pénétration, me paraissent propres à mettre hors de doute cette proposition.

D'abord, il n'y a pas nécessité absolue que les organes doubles se réunissent; la moindre interposition d'une partie qui rompt leur homogénéité, suffit pour qu'elle n'ait pas lieu; d'où il suit que fréquemment les deux foies, les deux estomacs, les deux œsophages, etc., existent séparément chez les monstres doubles. D'autres fois, d'après le mode de réunion des deux sujets, les organes homogènes sont seulement adossés l'un contre l'autre (1) dans la poitrine comme dans

(1) Planche II, lettres D, *h*, *f*, *e*.

l'abdomen. D'autres fois encore les organes ne sont pénétrés que faiblement, et la ligne de leur démarcation est très-visible; quand enfin leur pénétration est si intime (1) que les traces de leur réunion sont effacées, leur dissection fait souvent apercevoir une différence de coloration qui circonscrit leurs limites. Ceci se remarque sur les organes parenchymateux.

Pour le système osseux, les limites sont plus long-temps apparentes, à cause de sa formation tardive. Ainsi, dans un sternum complexe (2), on distingue nettement la ligne de démarcation des deux sternum (3). On voit d'une part les pièces osseuses qui appartiennent à l'un de ces os (4); et de l'autre, les pièces osseuses de l'autre os réuni (5). On voit même le mode selon lequel s'est opérée la pénétration (6).

Sur les yeux complexes tantôt les sclérotiques seules sont confondues, de sorte que les deux rétines, les deux cristallins et les deux cornées restent distinctes. Tantôt, au contraire, la pénétration a confondu les deux yeux (7), de manière que la dissection seule de ses parties constituantes permet d'isoler les matériaux de l'un, et les matériaux de l'autre.

Lorsque deux poitrines sont confondues, leur base est séparée de l'abdomen par un double diaphragme sur lequel

(1) Pl. III, B B.

(2) Pl. X, fig. 1, *d d*.

(3) Pl. X, fig. 1, A. B.

(4) Pl. X, fig. 1, A *b*, A *e*.

(5) Pl. X, fig. 1, B *e*, B *c*.

(6) Pl. X, fig. 1, ligne pointillée, *d. d.*, *a. a.* Voyez encore pl. XI, *d*, *k*, *e*, *i*, *g*, *h*.

(7) Pl. XVI, fig. XI, G G, A.

on aperçoit la partie qui appartient à l'un des thorax, et la partie qui appartient à l'autre. Souvent même c'est vers ce point de jonction que se forme une ouverture par laquelle les viscères pénètrent de l'abdomen dans la poitrine.

Quelquefois on observe sur des organes pénétrés une disposition tout-à-fait semblable à celle des organes chez lesquels cette pénétration constitue l'état normal. Ainsi sur des humérus et des fémurs complexes, on trouve deux cavités médullaires, comme on les remarque à une certaine époque dans l'intérieur de l'os canon ; comme on le remarque sur les os du bras ou de la jambe des batraciens à l'époque de leur métamorphose (1). On peut même isoler les deux os l'un de l'autre en divisant la cloison qui sépare ces deux cavités médullaires. La même disposition se remarque dans certains cas d'utérus complexes. Quoique les deux corps de l'organe soient pénétrés, chacun d'eux est distinct par une espèce de raphé; chacun d'eux a son col à part, débouchant dans un vagin séparé. Chaque vagin forme un canal propre, s'ouvrant isolément à l'extérieur, quoique cet extérieur n'offre que des parties génitales simples. Chaque utérus enfin a ses artères particulières.

Observons même à ce sujet, que l'individualité organique est exactement représentée par les artères. Or, avant comme après la réunion des deux corps thyroïdes, chacun d'eux conserve son artère. Avant comme après la réunion des deux reins, les deux artères rénales sont et restent distinctes. Après comme avant la réunion des deux foies, des deux estomacs, des deux yeux, des deux bras, des deux cuisses, etc., cha-

(1) M. Martin St.-Ange.

cune des artères propres à chaque composant conserve sa spécialité; d'où il suit qu'un foie complexe a deux artères hépatiques; un estomac, deux artères gastriques; un œil, deux ophtalmiques : d'où il suit encore que dans le corps thyroïde, chacun des composants étant représenté par son artère, chaque artère hépatique représente son foie; chaque gastrique, son estomac; chaque ophtalmique, son œil. Tous ces faits, tous ces rapports se suivent et se répètent; ce qui est applicable à l'un est applicable à l'autre; la thyroïde est un organe complexe, tous les organes complexes sont des thyroïdes.

Quelle que soit enfin la complication d'un organe complexe, et celle de la connexité des deux composants, on voit l'artère propre à chacun d'eux ne point l'abandonner, le suivre dans sa pénétration, en dessiner tous les contours et lui demeurer invariablement attaché (1). L'individualité organique reste intacte au milieu de cette complication. On aurait pu prévoir ce résultat, mais l'anatomie seule pouvait en donner la démonstration.

En résumé les organes complexes sont de doubles organes pénétrés; leur formation exige au moins deux composants. Ces composants sont toujours, ou des organes analogues, ou des parties d'un même système organique.

L'origine des composants peut varier et différencier les organes complexes. Ainsi deux yeux du même sujet, se pénétrant, formeront un organe complexe que nous nommons *homogène*, les deux composants provenant du même

(1) Pl. X, fig. 1, A, *b*, *e*; B, *b*, *e*.

individu. Les monstres simples ne peuvent ainsi nous présenter que des organes complexes homogènes.

Et au contraire, chez les monstres doubles, l'œil d'un sujet se réunissant à l'œil d'un autre, il en résultera un organe complexe (1) que nous nommons *hétérogène*, par la raison que chacun des composants provient d'un individu différent. Tous les organes impairs complexes seront ainsi hétérogènes, et ne pourront se rencontrer que chez les monstres doubles.

Quelque étonnante que soit la formation de ces derniers organes, il était bien nécessaire d'en préciser la composition, afin de faire concevoir celle des organes *hétérogènes simples* des monstres doubles, dont nous allons présentement nous occuper. J'appelle ainsi des organes normaux en apparence, dont la moitié est fournie par un des sujets réunis, tandis que l'autre moitié provient de son frère.

Article IX.

Loi de conjugaison et d'association des organismes. Des organes hétérogènes simples des monstres par excès.

On n'a pas oublié l'étonnement que manifestèrent les anatomistes, quand j'annonçai que, conformément à la loi du développement excentrique, l'embryon était un axe binaire, que par conséquent il y avait deux moitiés d'embryon, que ce qui était à droite se trouvait à gauche. L'idée contraire devenue un des axiomes de la science, opposait à ce fait

(1) Pl. XVI, fig. XI, A.

fondamental de tels obstacles, que tout en accordant à la nature une puissance illimitée, on la croyait impuissante pour former un tout régulier de ces deux parties.

Il ne s'agissait cependant que des organes d'un même individu, que de la réunion de doubles matériaux provenant du même embryon, enfin que de la dualité primitive et passagère des organes impairs et simples qui, chez l'adulte, se trouvent sur la ligne médiane. L'étonnement eût été bien autre, si j'avais avancé que chez les monstres par excès, un organe simple et tout-à-fait normal en apparence, était formé non-seulement de deux moitiés d'organe, mais encore que chacune de ces moitiés avait une origine différente; de telle sorte que l'une de ces moitiés provient de l'un des enfants réunis, et l'autre moitié appartient à son frère.

Ce partage d'un même système d'organe entre deux enfants différents, est sans doute un des résultats les moins attendus en anatomie; il dérive de la loi de symétrie et de conjugaison, et ne saurait être compris sans l'application de ces règles.

On sait que la plupart des monstres doubles ne le sont qu'à partir de l'ombilic. Les uns sont doubles au-dessus de cette région, et n'ont au-dessous que les parties dévolues à un enfant ordinaire; les autres, au contraire, simples par la tête, la poitrine et les membres supérieurs, ont un double abdomen et un double train inférieur.

Dans le plus grand nombre de cas de ce genre dont les anatomistes nous ont transmis le récit, ils n'ont jamais porté leur attention que sur les parties surajoutées ou doubles de l'état normal; les parties simples leur ont toujours paru celles d'un enfant ordinaire. Ces parties simples ont néan-

moins une composition tout aussi compliquée que les autres. Elles sont doubles en ce sens, que chacune d'elles est formée de deux moitiés différentes; l'une de ces moitiés appartient à l'un des enfants, la seconde appartient à l'autre. Ces deux moitiés hétérogènes se réunissent toutefois, et de la même manière, et d'après les mêmes règles que si elles étaient homogènes. L'organe unique qui en résulte devient ainsi une propriété commune.

Ainsi (en choisissant pour nos exemples les cas les plus simples possibles), si comme Ritta-Christina (1), un enfant est double au-dessus de l'ombilic, et simple au-dessous; s'il a deux têtes, quatre bras, deux poitrines réunies, avec un seul abdomen, une seule paire de jambes, un seul bassin, une seule vessie, une seule matrice, ou un seul pénis (2), la moitié de cet abdomen appartient à l'un des enfants supérieurs, la seconde moitié appartient à l'autre (3). Chacun des enfants a une jambe qui lui est propre; chacun des enfants est propriétaire de la moitié de ce bassin unique (4), chacun d'eux apporte la moitié de cette vessie avec son uretère; chacun d'eux, si c'est un mâle, apporte son testicule (5) et la moitié du pénis; chacune d'elles, si ce sont de petites filles, apporte et son ovaire, et la moitié de sa matrice, et la moitié de son vagin, et la moitié de ses parties extérieures de la génération. Tout se coordonne pour amener

(1) Pl. I, fig. 1.
(2) Pl. XVII, n° 1.
(3) Pl. I, fig. 1.
(4) Pl. XI, n°s 3, 4, P Q.
(5) Pl. XVII, n° 2, 2.

à l'unité, la dualité des deux êtres, et tout se coordonne en vertu des lois de symétrie et de conjugaison.

Quelque extraordinaire que puisse paraître ce résultat, l'anatomie de ces monstres en donne la démonstration; l'isolement et l'individualité des deux êtres qui concourent à la formation de ces organes simples et communs, se montre d'abord dans le système sanguin. Souvent les deux aortes se prolongent dans l'abdomen quoique celui-ci soit simple (1); chaque aorte produit une des iliaques qui pénètrent dans le bassin (2); chaque iliaque fournit une artère épigastrique pour développer la moitié des muscles abdominaux; une hypogastrique (3), d'où partent les artères qui se distribuent à la moitié de la vessie, à la moitié de l'anus, à la moitié de la matrice, à la moitié du pénis, à la moitié des organes externes de la génération. Chaque aorte fournit son artère rénale pour le rein et l'uretère propre à chaque enfant; son artère émulgente, pour se porter sur son ovaire et son testicule.

En sortant du bassin, l'iliaque de chaque enfant forme l'artère crurale, et la fessière (4) qui vont nourrir celui des deux membres inférieurs qui lui appartient. Tout est par moitié dans cette association organique, chaque enfant fournit son contingent pour la construction des organes qui doivent leur servir en commun.

---

(1) Pl. XIX, Pl. V, *q*, *h*, *i*, *r*.

(2) Pl. V, fig. 1, *q*, *q*.

(3) Pl. V, *i*, *i*, *u*, *o*.

(4) Pl. V, *v*, *v*. Voyez aussi pour ce rapport, pl. VIII, fig, 3, et pl. XIX, fig. 1.

Ce qui est vrai pour les artères, l'est également pour les nerfs ; soit que les colonnes vertébrales restent distinctes jusqu'au sacrum, ce qui est le plus ordinaire (1); soit que leur fusion s'opère à la région lombaire, la partie inférieure de chaque moelle épinière reste en son entier (2), et chacune d'elles fournit la moitié des branches nerveuses qui vont à la vessie, à l'anus et aux parties internes et externes de la génération (3). Après avoir ainsi envoyé leur contingent aux parties communes, chacune de ces moelles épinières produit le nerf crural et sciatique destiné au membre inférieur qui lui correspond. Il en est de même du grand sympathique, chaque enfant fournit la moitié de chaque plexus (4).

Cet isolement de chacun des enfants devient plus manifeste encore dans le système osseux (5). Chacun d'eux a sa colonne vertébrale, et à cette colonne vertébrale correspond au bas ou un demi-sacrum, ou un sacrum entier (6). A ce sacrum est annexé un os coxal qui est propre à chaque enfant (7). A cet os coxal est joint un fémur qui lui appartient en particulier (8), et qui n'a rien de commun avec le fémur, l'os coxal et le sacrum de son frère.

De la réunion des os coxaux résulte ainsi un bassin dont la moitié est la propriété de l'un des enfants, et l'autre moitié

---

(1) Voyez pl. I, et pl. XX, t. 1.
(2) Pl. X, fig. 2, A, fig. 3, B.
(3) Pl. X, fig. 2, *c*, *d*, *e*, *f*, *f*, *f*. fig. 3, *d*, *e*, *e*, *f*, *f*, *f*.
(4) Pl. VIII, fig. 3, *b*, *b*, *r*, *r*.
(5) Pl. XI, n° 5, 6.
(6) Pl. XX, et pl. XI, 3.
(7) Pl. XI, n° 3, 4.
(8) Pl. XI, n° 7, 8.

la propriété de l'autre (1). Or, comme chaque os coxal apporte avec lui ses muscles, il en résulte que les muscles psoas, les iliaques, comme les fessiers, comme les jumeaux, les pyramidaux, etc., sont dévolus en propre à chacun des enfants auquel appartient cet os coxal. Il en résulte, au contraire, que les muscles qui sont sur la ligne médiane, tels que le releveur de l'anus, les sphincters, les bulbo et ischio-caverneux, le constricteur du vagin, sont une propriété commune, chacun des enfants envoyant la moitié des fibres qui concourent à leur formation.

Isolez maintenant par la pensée ou à l'aide du scalpel, ces os, ces muscles, ces nerfs, ces artères et ces veines, rendez à chaque côté la moitié de la vessie, la moitié de l'utérus et des organes génitaux, la moitié du rectum qui lui appartiennent, vous retrouverez vos deux enfants tels que la nature les a formés.

Chacun des enfants aura supérieurement sa tête, ses bras, sa poitrine; mais à partir de la base de celle-ci, il n'aura que la moitié d'un abdomen, qu'un seul rein, que la moitié d'une vessie, qu'une moitié d'utérus, qu'un ovaire, qu'un testicule, qu'une prostate et une moitié des organes génitaux externes. Par le haut, ce sera une être ordinaire; par le bas, ce sera un monstre par défaut. Il aura une jambe, mais il ne pourra se mouvoir sans emprunter le secours de la jambe de son frère; sa volonté sera soumise à une autre volonté, à cause de l'isolement des organes de relation. Et, au contraire, la communauté des organes de nutrition et d'excrétion, le mélange des nerfs de la vie animale et de la

(1) Pl. XX, fig. 1.

vie organique, rendant commune la sensation des besoins, la nécessité d'y satisfaire sera spontanée chez les deux enfants.

Quelle sagesse dans cette répartition ! que de prévoyance dans cet isolement des organes de relation, d'une part, et dans la connexité des organes de nutrition et d'excrétion de l'autre ! que l'un des enfants voulant marcher, l'autre s'y refuse, c'est fâcheux, sans doute, mais ni la vie ni la santé ne seront compromises ! la santé et la vie seraient, au contraire, menacées à chaque instant, si les besoins n'étaient partagés, et si les organes qui doivent les satisfaire n'étaient une propriété commune. La nature ne se dément jamais...

Cette organisation singulière, mais admirable, se reproduit en sens inverse chez les enfants doubles par en bas, et simples par le haut (1). Ceux-ci ont deux trains inférieurs, surmontés par une seule poitrine, par un seul col et une seule tête. Mais cette poitrine est commune aux deux enfants, chacun d'eux apporte ses muscles pectoraux (2) et la moitié du sternum pour la cloisonner par devant; la moitié du diaphragme pour la fermer par en bas; la moitié des côtes, des muscles intercostaux et des muscles dentelés pour en constituer les parois. Chaque enfant apporte sa clavicule, pour assujettir son bras au haut de ce thorax commun. Dans ce thorax, le poumon droit appartient à l'enfant qui est à droite, le gauche, à l'enfant qui est à gauche. S'il n'y a qu'un cœur, chacun des enfants en apporte sa moitié; l'un apporte le cœur destiné à la circulation veineuse, l'autre, celui destiné à la circulation artérielle. Un tout commun

(1) Pl. XII, fig. 1, A, B, C.
(2) Pl. XII, fig. 4, *x*, *x*.

se construit avec les matériaux de ces deux individualités d'abord séparées.

C'est la même répétition pour le col (1). Les muscles (2), les artères, les veines (3), les nerfs d'un côté sont à l'un des enfants; ceux du côté opposé sont à l'autre. La moitié du larynx, de la trachée-artère et de l'hyoïde appartiennent à l'un, la seconde moitié à l'autre. Cette tête unique (4) qui surmonte ce col n'est elle-même que deux demi-têtes étrangères l'une à l'autre, quant à leurs matériaux primitifs; tout un côté, os, muscles (5), nerfs, vaisseaux, est à l'un des enfants, tout le côté opposé est à son frère.

Divisez encore ce que la nature a réuni dans ses formations, vous réduirez chacun des enfants à ce qui lui revient en propre dans cette communauté d'organisation. Chaque enfant sera comme à l'ordinaire pour son train inférieur, mais, arrivé à la poitrine, il n'aura plus que la moitié des parties qui lui seraient nécessaires pour former un enfant complet. Les deux enfants isolés formeront ainsi deux monstres par défaut; réunis, ils développeront un monstre par excès, dont une moitié sera double, et dont l'autre moitié, quoique simple, sera commune aux deux enfants.

Si, dans le cas précédent, nous trouvons un bassin dévolu à deux enfants, et dans ce bassin une vessie, une matrice et des organes génitaux, simples mais communs; si

---

(1) Pl. XII, fig. 4, *v*.
(2) Pl. XII, fig. 4, *m*, *n*, *s*.
(3) Pl. XII, fig. 4, P, Q.
(4) Pl. XII, fig. 4, *a*, *a*.
(5) Pl. XII, fig. 4, *b*, *b*, *d*, *e*.

nous trouvons deux cuisses et deux jambes en apparence étrangères l'une à l'autre; nous voyons dans celui-ci une circulation complète, établie à l'aide de deux cœurs étrangers; une langue, une voûte palatine, un organe olfactif, dont les matériaux constitutifs sont empruntés à deux êtres différents. Nous y voyons encore des yeux, des oreilles, des hémisphères cérébraux, étrangers les uns aux autres, et coordonnés toutefois avec une harmonie parfaite. Quel résultat!

On conçoit que j'ai dû choisir pour exemple les cas les plus simples de ce genre. Mais il est extrêmement rare qu'ils se présentent de cette manière. (On en verra plus bas la raison.) Il est rare, en effet, que dans les formations provenant de matériaux propres à deux êtres particuliers, la nature se borne tout juste à la production des demi-organes qui lui sont nécessaires, pour former les parties simples de réunion des deux enfants.

Le plus souvent chaque enfant produit ses deux moitiés d'organes pour beaucoup d'autres parties, et alors ces moitiés produites, formées comme nous venons de le dire, se réunissent constamment, en croisant leur organisation, et forment des parties simples dont la moitié appartient à chacun d'eux. Il y a alors deux organes de même nature, et chacun d'eux appartient par moitié aux deux enfants. Je vais en donner des exemples.

Dans les espèces d'hépato-dymes si bien caractérisées par M. le professeur Geoffroy Saint-Hilaire, par les noms de *Synotus* (1) et *Enniops* (2), on remarque souvent au col

(1) Pl. XII, fig. 1, A, B, *c*.

(2) Pl. XII, fig. 3, A, B, *c*, *e*.

deux trachées-artères, deux larynx et quatre poumons avec une tête, offrant deux oreilles surnuméraires et un œil de même nature situés en arrière de la tête qui paraît normale (1).

En étudiant la structure anatomique de ces parties, on trouve 1° que des deux poumons antérieurs (2), l'un est celui de l'enfant droit, l'autre celui de l'enfant gauche (3). 2° La trachée-artère qui fait suite à ces poumons (4) est formée moitié par un des enfants, l'autre moitié par son frère. 3° On observe cette dualité hétérogène dans le larynx dans ses muscles, dans ses artères et ses nerfs; 4° dans l'hyoïde, la langue et le pharynx (5); dans leurs nerfs, dans leurs veines, dans leurs artères (6), leurs muscles et leurs os.

Pareillement, des deux poumons postérieurs qui toujours sont moins développés, l'un provient de l'un des enfants, l'autre de son frère; la petite trachée-artère qui les soutient, appartient par moitié à chacun d'eux; il en est de même du petit larynx, du petit hyoïde et du noyau de la langue qui termine en haut cet appareil. Toutes ces parties, leurs artères, leurs veines, leurs muscles, leurs nerfs appartiennent par moitié à chacun des enfants réunis (7).

Or de ces deux appareils, l'un, l'antérieur, est normal, l'autre, le postérieur, est atrophié ou rudimentaire; d'où il

(1) Pl. XII, fig. 1, 3, *d*, *e*.
(2) Pl. XVI, fig. 8, E, *f*.
(3) Pl. XVI, fig. 8, D, D.
(4) Pl. XVI, fig. 8, C, C, C, C.
(5) Pl. XVI, fig. 8, B, B, A, A.
(6) Pl. XVI, fig. 4, *b*, *b*. *g*, *g*, *h*, *h*.
(7) La fig. 8, de la pl. XVI, montre cette quadruple association.

résulte que chaque enfant a un poumon normal, et un poumon atrophié; une moitié de larynx, d'hyoïde et de langue dans ses dimensions ordinaires dans l'état que nous nommons *régulier;* et l'autre moitié atrophiée, avortée, rudimentaire, dans l'état que nous nommons irrégulier, monstrueux; d'où il suit enfin que chaque enfant est *un monstre par défaut* par une moitié de ces parties, tandis que par l'autre moitié il est parfaitement régulier.

Ce résultat se répétant dans la tête, donne naissance à la structure singuliere de cette partie (1); une des moitiés crâniennes et faciales de chaque enfant (2) se développant très-régulièrement, et se conjuguant entre elles, une tête normale est produite sur le devant (3); la seconde moitié crânienne de chaque enfant (4), plus ou moins avortée dans son développement, produit ou le demi-anneau qui complète de chaque côté le trou occipital (5), ou, en second lieu, la moitié de cet anneau et de plus un demi-rocher qui, en se réunissant, forme un rocher complet (6); ou en troisième lieu, un rocher de chaque côté et de plus un demi-sphénoïde (7); ou, en quatrième lieu, ce demi-sphénoïde et de plus un demi-pariétal (8) et un demi-coronal. Et en cinquième lieu enfin, les deux moitiés du crâne et de la face sont complétées en

(1) Pl. XV, fig. 8, fig. 7.
(2) Pl. XV, fig. 3, M, H, G, K.
(3) Pl. XV, fig. 1, E, F, G, H, I, K, M.
(4) Pl. XV, fig. 1, A, A, B.
(5) Pl. XV, fig. 1, 3, O.
(6) Pl. XV, fig. 1, A, A.
(7) Pl. XV, fig. 2, B, B, fig. 8, A, C.
(8) Pl. XV, fig. 8, A.

arrière comme ceux-ci le sont en avant (1); il y a alors une double tête (2), c'est le céphalodyme, ou janiceps. Mais cette double tête est produite par quatre demi-têtes croisées dans leur conjugaison (3), et avant que ce crâne soit un céphalodyme complet, il est d'abord demi-céphalodyme (4), puis demi-céphalodyme et demi (5), puis demi-céphalodyme trois quarts (6).

Avant d'analyser les parties qu'enveloppe ce crâne à des états si divers, nous devons faire remarquer que jamais cette réunion ne donne naissance à l'anencéphalie. Les deux moitiés hétérogènes ou fournies par chaque enfant sont toujours suffisantes et au-delà, pour développer une tête complète, et de plus les parties surnuméraires dont nous venons de faire l'énumération.

Dans l'intérieur les parties contenues sont exactement en rapport avec les contenantes. En premier lieu, il y a deux hémisphères cérébraux, celui de l'enfant de droite, et celui de l'enfant de gauche. Il y a aussi un cerveau commun. En second lieu, il y a un cervelet pour chaque enfant (7), avec un seul hémisphère cérébral pour chacun d'eux (8). En troisième lieu, il y a deux cervelets et deux paires d'hémisphères cérébraux. Les deux encéphales sont complets.

---

(1) Pl. XV. fig. 7, K, K, G, G, H, H, I, I, J, J, O.
(2) Pl. XVI. fig. 5.
(3) Pl. XV. fig. 7, *m*, *n*, *o*, *a*, *a*, *b*, *b*, *c*, *c*, *d*, *d*, *e*, *e*, *f*, *f*.
(4) Pl. XV. fig. 1, et 3.
(5) Pl. XV. fig. 3.
(6) Pl. XV. fig. 8.
(7) Pl. XV. fig. 9, D, E.
(8) Pl. XV. fig. 12, A, B.

Sur la base du crâne on trouve constamment les doubles paires de nerfs, comme dans l'état normal; mais un olfactif, un optique, un nerf de la 3e, de la 4e, de la 5e, 6e et 7e paires appartient à un enfant, les autres nerfs congénères sont produits par son frère. A mesure que ce crâne se double en arrière, et que le cervelet, les pédoncules cérébraux et les hémisphères cérébraux se développent pour produire un céphalodyme, on voit apparaître en arrière comme en devant, d'abord le nerf acoustique, puis l'optique, puis la 3e paire et la 4e, puis la 6e, et enfin la 5e et la portion dure de la 7e.

De cette organisation singulière il résulte que chez un synotus par exemple, les organes des sens sont doubles comme dans l'état normal. Mais ce qu'il y a de particulier dans la composition de la tête, qui par le nombre et la structure des organes ne diffère en rien d'une tête ordinaire, c'est qu'un œil, une narine, une oreille, la moitié de la voûte palatine et la moitié de la langue, sont la propriété d'un enfant, et l'autre œil, l'autre oreille, l'autre narine, l'autre moitié de la langue et de la voûte palatine, sont la propriété de l'autre. C'est une unité parfaite produite par deux individualités distinctes. Ce sont des organes des sens, et des hémisphères cérébraux pour un seul individu, adaptés au service de deux, puisqu'il y a évidemment deux *moi* dans cette tête unique.

Ce mode de formation des doubles organes simples est invariable; d'où il suit que plus les enfants associés se rapprochent de leur état naturel, plus sont nombreux les organes développés sous l'influence de cette double association, plus est irrégulier et monstrueux le tout commun qui en résulte. Dans nos idées actuelles, ce résultat paraît contradictoire, mais il est si juste, il est si inévitable, d'après les

lois de l'organogénie, qu'il est presque de toute impossibilité physique qu'il se produise d'une autre manière. C'est même parce qu'il est produit d'après des lois fixes que la mort de ces enfants en est la suite la plus ordinaire.

En définitive donc, les organes insolites des monstres par excès se réduisent aux deux conditions suivantes.

1° A des organes doubles produits par la pénétration de deux organes qui sont simples chez un enfant ordinaire.

2° A de doubles organes, simples comme ils existent dans l'état normal, mais avec cette différence que chacun de ces organes est fourni par moitié par chacun des deux enfants.

En définitive aussi, les parties qui nous paraissent simples chez un monstre double, sont communes aux deux enfants, chacun d'eux fournissant par moitié les matériaux nécessaires à sa formation. Chacun d'eux fournit également un des membres, un des reins, un des testicules, un des ovaires, quand ces organes sont restreints à leur nombre ordinaire.

D'où il suit comme conséquence dernière, qu'il n'y a pas un seul organe nouveau chez ces monstres; c'est-à-dire qu'il n'existe pas une seule partie formée avec des matériaux qui ne se trouvent pas chez un enfant ordinaire.

Or, s'il n'y a pas d'organes nouveaux, il n'est donc pas nécessaire de lois spéciales pour leur développement. Les lois ordinaires suffisent.

S'il n'y a ni lois spéciales, ni organes nouveaux, il ne saurait y avoir de germes particuliers pour ces monstres. A quoi serviraient-ils, puisque les germes ordinaires rendent si bien compte de leur formation?

Enfin s'il n'y a pas de germes nouveaux, on voit encore

pourquoi et comment ces monstres et leurs organes restent étroitement circonscrits dans les limites de leur espèce, de leur famille et de leur classe.

Ces conséquences se déduisent rigoureusement des faits qui précèdent, et de ceux qui vont suivre.

Article X.

Du siége qu'occupent, chez les monstres par excès, les organes surnuméraires et insolites.

Nous avons vu que les déformations organiques par arrêt de développement, s'opérant sous l'influence de la loi du développement excentrique *(loi centripète de formation)*, leur siége se trouvait, par cette raison, à l'extrémité des appareils, tandis que les centres en étaient beaucoup moins atteints. Les organes insolites des monstres doubles se produisant sous l'influence de la loi de conjugaison, leur siége devra se manifester d'une manière inverse; les centres devront être affectés de préférence, tandis que la circonférence nous reproduira les organes dans leur état presque normal. Cette déduction des lois de l'organogénie est parfaitement justifiée par les faits.

Quand les doubles têtes et les doubles membres sont libres, ou détachés des troncs réunis, ces parties répètent si exactement la disposition qu'elles présentent dans leur état normal, que l'on a pensé long-temps qu'elles étaient simplement greffées sur un fœtus ordinaire, lequel n'était devenu monstrueux qu'à cause de cette union accidentelle.

Quand au contraire les deux bras se réunissent et n'en forment qu'un, quand les deux jambes se confondent et

n'en forment qu'une, cette jambe et ce bras surnuméraires sont toujours placés à la partie supérieure, postérieure et centrale de la poitrine, à la partie centrale et postérieure du bassin (1). Si l'on considère que ce bras et cette jambe uniques sont formés moitié par un enfant, moitié par l'autre, on verra que leur fusion s'opère et ne peut s'opérer que sur le point médian des deux êtres. La position est nécessitée par le mode de formation.

Il en est de même de tous les organes complexes; les deux cœurs confondus en un seul, les deux foies réunis (2), les deux œsophages (3), les deux estomacs (4), les deux duodenums (5), ramenés à l'unité par leur conjugaison insolite, sont toujours placés sur l'axe médian de la poitrine et de l'abdomen de ces monstres. Ils sont déplacés de leur position ordinaire, et maintenus vers le centre de ces cavités par le mécanisme même de leur formation, et la pénétration des deux organes qui en est le résultat.

Pareillement sont les organes simples et hétérogènes formés de deux moitiés étrangères, et provenant l'une d'un enfant-conjoint, l'autre de son frère; on conçoit que ces deux moitiés marchant à la rencontre l'une de l'autre, leur réunion ne peut s'effectuer que sur la ligne médiane, où on les trouve constamment.

Lors même que par leur pénétration, ces organes donnent

---

(1) Pl. XX. C, E, D.
(2) Pl. III, *b*, *b*, *b'*.
(3) Pl. XVI, fig. 8, *c*.
(4) Pl. XVI, fig. 8, H H.
(5) Pl. XVI, fig. 8, *h*.

naissance à des parties compliquées dans leur structure, les dispositions normales restent toujours à la circonférence, les insolites se développent au centre. Ainsi dans deux cœurs réunis (1), s'il existe trois ventricules (2), les deux excentriques sont dans leur état normal (3), le troisième formé de la réunion de deux autres est seul méconnaissable (4). Ainsi dans les deux foies réunis (5), les lobes extérieurs restent dans leur disposition ordinaire (6), il n'y a d'insolite et d'étrange que la partie moyenne (7). Ainsi dans la tête d'un céphalodyme (8), tous les organes extérieurs conservent leur forme normale (9), les anormales ne se montrent qu'au centre (10). Cette disposition inverse se remarque dans les muscles, les nerfs, les artères, les veines et les os.

C'est même d'après la comparaison de ces derniers avec ceux de l'anencéphalie que l'on peut bien apprécier le contraste du siége des déformations, dans les monstres par excès et par défaut de parties. Dans l'anencéphalie, tous les os du centre conservent leur disposition normale : ceux de la circonférence sont si déformés, qu'il a fallu toute la sévérité des principes de détermination de M. Geoffroy-St-Hilaire,

---

(1) Pl. XV, fig. 4, A, B.
(2) Pl. XV, fig. 6, A, F, G.
(3) Pl. XV, fig. 6, A, G.
(4) Pl. XV, fig. 6, F.
(5) Pl. VI, fig. 1, A, B.
(6) Pl. VI, fig. 1, *a*, *b*, *m*, *l*.
(7) Pl. VI, fig. 1, *f*, *q*.
(8) Pl. XV, fig. 3, A, B, O, H.
(9) Pl. XV, fig. 3, B, C, F.
(10) Pl. XV, fig. 3, E; fig. 1, E; fig. 7, K, K, fig. 8, G.

pour que cet illustre zootomiste pût apprécier leur analogie ; et au contraire, chez les céphalodymes (janiceps G. St-H), ou les demi-céphalodymes (synotus G. St-H.), les os de la circonférence n'ont pas éprouvé la moindre déformation, tandis que ceux du centre, tels que les sphénoïdes, les basilaires, et la base des occipitaux, ne ressemblent en rien aux occipitaux, aux basilaires et aux sphénoïdes d'un enfant ordinaire (1). Dans le premier cas, la monstruosité a perverti toute la circonférence, le centre a été respecté; dans le second, la perversion a porté sur le centre, et la circonférence est restée intacte. Ce résultat général et constant ne peut tenir qu'aux règles fixes d'après lesquelles se développe la monstruosité.

La structure de la tête des céphalodymes se reproduit dans toutes les parties, par lesquelles se conjuguent les enfants dans les monstruosités doubles. Si elle a lieu par la poitrine, c'est sur le centre et en arrière de cette cavité que vous rencontrez les côtes déformées, avortées, ou irrégulièrement unies les unes aux autres; la même déformation se répète sur les muscles intercostaux, les nerfs, les artères et les veines intercostales. Au premier aperçu, la confusion de ces divers organes est telle, que l'anatomiste a beaucoup de peine à se reconnaître au milieu de ce désordre apparent. Mais, avec un peu d'attention et beaucoup de patience, on distingue parfaitement les demi-côtes de chaque enfant ou réunies, ou accidentellement articulées; on distingue les muscles intercostaux se continuant entre eux, comme le font les deux muscles coronaux en avant du front. Au-dessus de

(1) Voyez les fig. 1, 3, 7 et 8, de la planche XV.

ceux-ci, on distingue mieux encore les éléments des muscles rhomboïdes et dentelés, et plus superficiellement encore les grands dorsaux et l'extrémité inférieure des trapèzes. Plus on se rapproche de la circonférence, plus les couches musculaires reprennent des formes et des dispositions qui rappellent leur disposition et leurs formes normales.

Si la réunion s'est opérée par les faces latérales des colonnes vertébrales, les côtes, leurs muscles, leurs artères, leur nerf ont disparu pour une moitié de chaque enfant; les apophyses transverses des vertèbres éprouvent les aberrations que nous venons de remarquer sur les côtes, et les muscles de ces gouttières vertébrales se réunissent entre eux, comme nous venons de voir que le font les muscles intercostaux. Enfin, si la réunion s'opère par les bassins, c'est en arrière et sur le centre que se remarquent les aberrations osseuses (1), musculaires (2), ou vasculaires (3). Dans tous ces cas, la circonférence est toujours à l'état normal.

Nous ne rappellerions pas à cette occasion le système sanguin et central de ces êtres, si Haller n'avait considéré comme des parties tout-à-fait nouvelles les branches de communication (4) qui se rendent quelquefois de l'une à l'autre des aortes (5), de l'une à l'autre des veines caves (6), de l'une à l'autre des veines portes. Ces branches, rendues indispen-

---

(1) Pl. XX, C, n° 5.
(2) Pl. IX, *f*, *f'*, *g*, *g*, *h*, *h*, *i*, *i*.
(3) Pl. IX, R.
(4) Pl. VIII, fig. 3, *u*.
(5) Pl. XIX, *u*.
(6) Pl. XIX, *j*.

sables par le mode de circulation commun aux deux enfants, et admirablement disposées pour que la vie aérienne s'effectue, si nulle autre cause ne s'y oppose, ne sont toutefois que la répétition des branches communicantes que les artères et les veines s'envoient réciproquement, pour peu que ces vaisseaux se rapprochent les uns des autres. On en trouve le type ou dans le canal artériel simple des mammifères, ou dans le double canal artériel des oiseaux, ou même dans les artères communicantes de l'encéphale de l'homme. Quoi qu'il en soit, ces vaisseaux insolites sont toujours sur le centre des deux fœtus, dont ils sont destinés à opérer la fusion la plus intime (1).

Enfin, pour généraliser, autant que possible, l'application de cette règle aux monstres doubles, nous devons faire remarquer que chez certains d'entre eux il existe deux centres distincts. D'abord celui qui est commun aux deux enfants, et, en second lieu, celui qui est propre à chacun d'eux. Cette remarque est spécialement applicable aux doubles organes hétérogènes, qui toujours correspondent à ce dernier, tandis que les organes hétérogènes simples occupent constamment le premier.

Ainsi quand il y a deux trachées-artères et deux larynx, chacun d'eux correspond, en particulier, au centre de la région du col de l'un des enfants : de même, quand il y a deux foies séparés ; de même, quand il y a deux utérus ; la position centrale de ces organes est toujours relative à l'un ou à l'autre des enfants en particulier, et cette position est elle-même la suite de leur étrange formation.

(1) Pl. XIX, *u*, *j* ; pl. VIII, *m*, *c*.

Quelque singulière que soit la composition des organes hétérogènes, on voit néanmoins qu'ils proviennent constamment de matériaux identiques, bien qu'ils soient formés par des individus différents. On voit encore que ces matériaux, comme ces organes, restent invariablement assujettis aux régions du corps, où d'ordinaire on les observe chez l'homme.

Ainsi ce n'est qu'au col que l'on trouve de doubles trachées-artères, de doubles larynx; ce n'est qu'à la base du crâne que l'on rencontre les doubles pharynx réunis; et dans son intérieur que l'on remarque ou un double cervelet, ou des lobes cérébraux quadruples: comme ce n'est également que dans l'abdomen que se voient les doubles estomacs, les doubles utérus et les vessies hétérogènes.

La raison en est simple pour nous qui voyons dans les artères le point de départ des organes, et dans les troncs le rapport invariable de leur manifestation. Des têtes et les parties qui s'y rapportent, ne peuvent provenir que des carotides; des bras que des axillaires, des cuisses et des jambes que des fémorales. Une double tête suppose des carotides doublées, un double tronc inférieur coïncide toujours avec l'existence d'une double aorte abdominale. Des jambes, des bras surnuméraires sont en rapport avec des fémorales et des axillaires surajoutées aux axillaires et aux fémorales ordinaires.

Or les carotides et les vertébrales sont et restent toujours, quand elles existent, au haut de la crosse de l'aorte, les fémorales sont constamment au bas de cette artère, les axillaires font suite aux sousclavières. D'où il suit que la position des parties surnuméraires est commandée par la posi-

tion de ces principaux vaisseaux; la tête surajoutée est toujours à côté de l'autre tête, les bras à côté des autres bras, les jambes à côté des autres jambes, etc. Il n'y a, et il ne peut y avoir transposition dans les excédants de développement des parties.

On a dit le contraire; mais le contraire est une erreur, et cette erreur nous paraît un des abus les plus étranges que l'on ait pu faire des idées homologiques.

De tout ce qui précède, il résulte : 1° que les parties surnuméraires n'étant que la répétition des parties normales, leur position à côté de celles-ci dérive de leur organisation et de leur développement.

2° Que les organes insolites des monstres doubles, se forment tous en vertu de la loi de conjugaison ou d'affinité des parties.

3° Que d'après le mécanisme même de leur formation, les organes complexes occupent toujours la ligne médiane des deux êtres.

4° Il en résulte aussi que les organes hétérogènes simples se trouvent constamment sur la partie centrale de ces deux êtres, tandis que les doubles organes hétérogènes occupent les centres qui correspondent en particulier à chacun des enfants réunis.

5° Il en résulte enfin que, soit que l'on considère un monstre double dans son ensemble, soit qu'on le considère dans chacune des parties déviées de leur type normal, les ressemblances sont toujours à la circonférence, et les dissemblances au centre, disposition inverse de celle que l'on remarque dans la monstruosité par arrêt de développement.

Article XI.

Association individuelle des monstres par excès. — Explication de leurs organismes.

On vient de le voir, les monstres doubles se distinguent des autres, et des êtres ordinaires, par le nombre de leurs organes, par la variété de leurs formes, et la nature étrange de la composition de certains d'entre eux. Ce n'est donc pas sans quelque raison que les anatomistes avaient regardé ces êtres comme sortis des limites communes de l'organisation.

Mais dans l'impossibilité où ils se trouvèrent de déterminer en quoi et comment ils avaient franchi ces limites, et l'esprit ne pouvant rester oisif devant un si étrange spectacle, on imagina, pour s'en rendre compte, toutes sortes de combinaisons. Nous en serions réduits encore à ce genre de tâtonnements, si les lois de l'organogénie ne nous avaient ouvert une voie nouvelle propre à en donner l'explication.

Comment concevoir, en effet, que chaque enfant fournisse la moitié d'un organe qui doit être commun à tous les deux, si la loi du développement excentrique ne nous avait appris que dans leur état normal les organes impairs étaient primitivement doubles? que la vessie provenait de deux moitiés de vessie, le canal intestinal de deux lames isolées; la trachée-artère de deux demi-trachées; le larynx, l'utérus et le vagin, de deux moitiés de vagin et d'utérus? Comment concevoir sans cette loi et celle de symétrie qui en dérive, que dans une poitrine unique avec deux bras comme dans l'état ordinaire, un des bras et la moitié de cette poitrine

soit la propriété d'un des enfants, tandis que l'autre bras avec le demi-thorax appartiennent à son frère? Comment concevoir qu'une tête bien conformée soit construite avec deux moitiés de tête empruntées à des enfants différents? que l'un des hémisphères cérébraux soit à l'un, l'autre hémisphère à l'autre? que chaque enfant n'ait qu'un organe des sens qui lui soit propre, le second des organes de même nature appartenant à son frère? et entre une dualité si tranchée, l'unité de sensation?

Comment concevoir un abdomen formé de muscles différents à droite et à gauche, un bassin unique dont chaque moitié provient, avec ses muscles, ses vaisseaux et ses nerfs, de l'un des deux enfants réunis? et à ce bassin deux cuisses articulées comme à l'ordinaire, dévolues en toute propriété, l'une à un des enfants, l'autre à son frère? Sans la loi de symétrie, la science eût-elle pu se rendre raison d'associations semblables?

Eût-elle pu faire concevoir aussi comment deux estomacs, comment deux foies, comment deux pharynx n'en forment qu'un en se pénétrant mutuellement, si la loi de conjugaison ne nous avait offert le type naturel de cette formation, soit dans les deux os canons, qui, en se pénétrant, se convertissent en un seul os, soit dans les deux aortes primitives qui se résolvent en une seule aorte, soit dans les artères spinales antérieures, soit dans les deux basilaires ramenées à l'unité par ce mode général de développement? Quelle complication d'une part, et quelle simplicité de l'autre, quand la marche de la nature est bien interprétée!

Mais ce n'est pas tout; si jusqu'à présent nous avons montré comment chez les monstres les parties s'ajoutent, se dé-

forment, disparaissent, se divisent ou se réunissent, il nous reste à dire encore comment elles se coordonnent entre elles, quand elles sont en plus ou en moins; comment un ordre nouveau s'établit au milieu de ce désordre apparent; quelle est la règle, quel est le mobile d'après lesquels chaque organe prend sa place sans s'embarrasser dans sa marche, sans gêner celle des organes voisins. Nous devons rechercher enfin pourquoi chez deux enfants réunis, tantôt les deux foies, les deux estomacs, les deux cœurs sont confondus en un seul cœur, en un seul estomac, en un seul foie; et comment tantôt ils restent distincts et séparés les uns des autres: pourquoi, chez les uns, le train inférieur est double, tandis que le train supérieur paraît unique; pourquoi et comment, chez les autres, l'ordre inverse s'établit.

Des différences aussi tranchées, et dont la répétition est si remarquable dans les auteurs, sont-elles l'effet du hasard? Ont-elles, au contraire, une raison dans l'organisation de ces êtres? L'anatomie peut-elle nous éclairer et nous aider à nous reconnaître au milieu de cette confusion et de ces bizarreries? Nous le pensons, et nous allons essayer de le prouver.

Mais, afin de procéder avec méthode dans des recherches dont on ne peut se dissimuler les difficultés, nous devons d'abord établir les conditions générales des monstres doubles; nous verrons ensuite comment de ces conditions se déduisent les particularités organiques qui les caractérisent.

Article XII.

Caractères, dénomination et division des monstres doubles.

Posons en fait que tout monstre double a nécessairement deux foies (1), et de ce fait primordial déduisons les différences qui caractérisent les monstres doubles des conditions diverses dans lesquelles se trouvent ces deux organes.

Il y en a deux principales qui distinguent et sous-divisent les hépato-dymes.

Dans la première, les deux foies sont réunis et confondus en un seul (2); ils constituent un foie complexe. Ce sont les hépato-dymes complexes.

Dans la seconde, les deux foies sont séparés (3). Chacun de ces organes est isolé de son congénère. Ce sont les hépato-dymes acomplexes.

De ces conditions primitives, dérivent d'autres conditions secondaires qui différencient complètement ces deux genres de monstres.

Chez le premier (hépato-dymes complexes), les deux êtres sont réunis par les flancs (4), les colonnes vertébrales se correspondent légèrement par leurs faces latérales (5).

---

(1) De là le nom d'*hépato-dymes* par lequel nous croyons devoir les dénommer, conformément aux principes de nomenclature posés par MM. Geoffroy-St.-Hilaire père et fils. On vera dans l'un des articles suivants, d'où vient la nécessité des deux foies chez les monstres doubles.

(2) Pl. VI, fig. 1, A, B.

(3) Pl. XIII, fig. 2, *m*, *m*.

(4) Pl. I, fig. 1; Pl. XVIII.

(5) Pl. XI, fig. 5, 6.

Chez le second (hépato-dymes acomplexes), les deux êtres, réunis par leur partie antérieure, se correspondent face à face (1); les deux colonnes vertébrales se regardent par leur côté antérieur (2).

Les premiers ont un abdomen vaste, mais simple (3), avec deux membres inférieurs (4), auxquels sont ou ne sont pas annexés d'autres membres rudimentaires (5).

Les seconds ont deux abdomens (6), deux bassins isolés (7), auxquels correspondent une paire de membres pour chaque bassin (8).

Les hépato-dymes complexes ont ou les deux poitrines séparées et se touchant seulement par leurs appendices xiphoïdes (9), ou bien ces deux poitrines sont confondues en une seule (10); mais, dans ce cas, il n'y a jamais qu'un seul sternum complexe (11), servant de couvercle à ce vaste thorax.

Chez les hépato-dymes acomplexes, les poitrines, toujours confondues, sont néanmoins binaires (12), au lieu

---

(1) Pl. XIV, fig. 1, *a*, *b*, *c*.
(2) Pl. XIV, fig. 2, A, B.
(3) Pl. I, fig. 1.
(4) *Idem*.
(5) Pl. XI, P, Q; pl. XX, C, E, D.
(6) Pl. XII, fig. 1, *d*, *e*; fig. 4, Z, Z, Z.
(7) Pl. XIV, fig. 1, E, G; fig. 2, L, M, N.
(8) Pl. XII, fig. 2, *f*, *g*.
(9) Pl. XX, G.
(10) Pl. II, fig. 1, K, K, K, K.
(11) Pl. XI, D, K, *e*, *g*; pl. X, A, B, fig. 1.
(12) Pl. XIII, fig. 1 et 2.

d'un sternum complexe; il y en a deux qui sont hétérogènes (1); l'un est situé au devant (2), l'autre en arrière (3).

Chez les premiers, les têtes sont presque toujours séparées; chez les seconds, presque toujours elles sont confondues.

Les premiers se correspondant par les flancs, si les têtes sont amenées au point de contact, elles se pénètrent par leurs faces latérales; les organes des sens, toujours complexes quand ils se réunissent, sont situés au devant de la tête. (Hépato-dymes, Poliops. G. St-H.)

Et, au contraire, chez les seconds, la correspondance s'établissant face à face, les têtes, en se pénétrant, font un demi-tour sur elles-mêmes, et les organes des sens surnuméraires se placent toujours en arrière de la tête principale. (Hépato-dymes, Enniops, Synotus. G. St-H.)

De l'isolement des têtes, chez les hépato-dymes complexes, résulte l'isolement des langues des pharynx, des larynx, des trachées-artères; de leur pénétration chez les acomplexes, résulte leur confusion; leurs langues sont hétérogènes (4); il n'y a, le plus souvent, qu'un pharynx (5), mais formé par moitié par l'un et l'autre des êtres conjoints.

L'inverse se remarque à l'autre extrémité du tronc. De l'isolement des bassins, chez les hépato-dymes acomplexes, résulte l'isolement des organes génitaux externes et internes,

(1) Pl. XIV, fig. 1 et 2.
(2) Pl. XIV, fig. 1, C, C, D.
(3) Pl. XIV, fig. 2, H.
(4) Pl. XVI, fig. 8, A, A.
(5) Pl. XVI, fig. 8, B, B.

de la vessie, du rectum et du colon; de leur pénétration chez les hépato-dymes complexes, résulte la confusion de ces mêmes organes. Il n'y a, le plus souvent, que des organes génitaux uniques, qu'un rectum, qu'un colon, qu'une vessie communs; mais ces organes communs sont toujours hétérogènes.

Enfin, de la réunion des foies chez les *complexes* résulte le développement de deux estomacs (1), de deux œsophages séparés (2), de deux intestins grêles propres (3), et d'un gros intestin commun (4).

Et, au contraire, de la séparation des foies, chez les *acomplexes*, résulte l'unité de l'estomac (5) et de l'œsophage (6), l'unité et la communauté du commencement de l'intestin grêle (7), et la dualité de la fin de cet intestin et du colon (8).

En définitive, la pénétration des deux êtres s'opère par le bas du tronc, chez les hépato-dymes complexes, et par le haut, chez les acomplexes; leur séparation s'effectue en sens inverse, c'est-à-dire par les têtes chez les premiers, et par les bassins chez les seconds.

Or, l'organisation servant de base à la classification des monstres, on voit, en premier lieu, que le nom d'*hépato-*

(1) Pl. VII, *b*, *b*.
(2) Pl. VII, *a*, *a*.
(3) Pl. VII, *e*, *e*, *e*, *e*.
(4) Pl. VII, D, E, F.
(5) Pl. XIII, fig. 2, P.
(6) Pl. XIII, fig. 2, *x*.
(7) Pl. XIII, fig. 1, S, S, S.
(8) Pl. XIII, *q*, *q*, *q*, *q*.

dymes exprime exactement la condition fondamentale des monstres doubles; en second lieu, que celui de *complexes* désigne le caractère du genre dans lequel les foies sont pénétrés et unis l'un à l'autre; en troisième lieu, que le nom d'*hépato-dymes acomplexes* indique qu'au lieu d'être pénétrés les organes hépatiques restent libres. La formule suivante exprime ces conditions premières, et les caractères secondaires qui en dérivent.

HÉPATO-DYMES.

- I^er^ Genre. Hépato-dymes complexes. — Caractères. Pénétration des foies; union des êtres par les flancs. Séparation des têtes; sternum unique et complexe; unité du bassin et de l'abdomen (hétérogènes); dualité de l'estomac et des intestins grêles.
- II^e^ Genre. Hépato-dymes acomplexes. — Caractères. Séparation des foies; union des êtres face à face; réunion des têtes; sternum double; dualité de l'abdomen et du bassin. Unité de l'estomac et du commencement des intestins grêles.

Nous allons rechercher maintenant comment des conditions hépatiques si légères en apparence, peuvent produire des résultats si divers.

Article XIII.

Explication de l'organisation extérieure des hépato-dymes (monstres doubles).

On distingue, en anatomie, deux bords et deux extrémités à chaque foie. Des deux bords, l'un est postérieur et correspond à la colonne vertébrale, l'autre est antérieur ou abdominal. Des deux extrémités, l'une est logée dans le flanc droit; l'autre, chez l'embryon, s'étend toujours jusque dans le flanc gauche. C'est par ces bords et ces extrémités que les foies se correspondent ou se pénètrent chez les hépato-dymes.

Les hépato-dymes complexes se pénètrent constamment par les extrémités, et les acomplexes se correspondent par leurs bords.

Or, les extrémités du foie étant situées dans les flancs de l'embryon, on voit comment et pourquoi, lorsqu'elles se réunissent, c'est toujours latéralement que doivent s'unir les deux enfants. On voit, au contraire, que, lorsque ce sont les bords hépatiques qui se correspondent, les enfants ne peuvent se joindre que dos à dos, ou face à face.

Indépendamment de ce premier résultat, la réunion des foies en entraîne beaucoup d'autres. Car, en se pénétrant, les deux organes conservent la position qu'ils ont chez le jeune embryon. Cette position, très-élevée comme on sait dans la poitrine, maintient très-écartées les régions supérieures des deux colonnes vertébrales. Le foie complexe fait alors, à leur égard, l'effet d'un coin qui s'oppose à leur

rapprochement (1). Les colonnes vertébrales ainsi écartées par le haut (2), les têtes qui les surmontent sont naturellement placées et maintenues à distance l'une de l'autre ; elles sont et restent presque toujours isolées et libres (3).

Or, plus les foies réunis s'élèvent dans la poitrine, plus ils délaissent l'abdomen ; plus ils tendent à éloigner les têtes, en écartant la région supérieure des colonnes vertébrales, plus la région inférieure de ces colonnes tend à se rapprocher (4), et à se porter l'une vers l'autre (5). Plus, en effet, l'abdomen s'affaisse, plus les régions lombaires se rapprochent ; elles peuvent même se confondre, et ces deux régions n'en faire qu'une.

Supposez deux lignes verticales parallèles et mobiles sur un point qui occupe leur milieu, comme l'ombilic. Si vous écartez leur plan supérieur, leur plan inférieur se rapprochera ; le rapprochement de ce dernier plan sera en raison directe de l'écartement du premier. C'est exactement ce qui arrive chez les hépato-dymes complexes. Le bas se rapproche comme s'écarte le haut. Plus la duplicité des enfants sera complète supérieurement, plus ils se rapprocheront de l'état simple et ordinaire inférieurement. Ce résultat est mécanique, et il se produit sur la nature avec une certitude qui en approche.

Cette condition établie, vous pouvez en suivre tous les

---

(1) Pl. III, *b*, *b'*, *b''*.
(2) Pl. XX, *m*, *n*.
(3) Pl. XX, A, B.
(4) Pl. XI, n°, 5, 6.
(5) Pl. XX, *j*, *j*.

effets, en partant du plus haut point d'élévation où puissent parvenir des foies complexes, et les suivant jusqu'au dernier terme d'abaissement qu'ils puissent atteindre dans l'abdomen.

Le degré d'élévation du foie complexe se mesure par l'écartement des sternum et leur degré de pénétration. Si l'on a suivi le mécanisme que nous exposons, on doit voir que les sternum se correspondent face à face (1) et se touchent d'abord par leur appendice xiphoïde (2). Mais la manière dont s'effectue leur pénétration ne saurait être comprise, si d'abord on ne se rappelle que constamment, chez le jeune embryon, chaque sternum est composé de deux moitiés isolées et indépendantes (3) (Loi de symétrie). Deux sternum qui vont se réunir, offrent donc quatre moitiés mobiles du côté où la pénétration va commencer.

Dans cet état, la moitié de l'appendice d'un sternum (4) se joint, non à sa congénère, mais bien à la moitié de l'autre sternum (5). A mesure que la pénétration s'avance, chaque sternum s'ouvre de bas en haut, et ses moitiés se réunissent dans le même sens à celles du sternum qui lui est opposé (6). Chaque moitié sternale suit ainsi une direction inverse.

Représentez-vous deux compas entr'ouverts dont les pointes

---

(1) Pl. XI, *j*, *i*.

(2) Pl. XX, 6.

(3) Pl. XX, *h*, *h*, indiquant l'hyatus qui a persisté pendant toute la vie utérine.

(4) Pl. X, fig. 1, nos 1, 3.

(5) Pl. X, fig. 1, nos 2, 4.

(6) Le mécanisme est expliqué par la fig. 1, pl. X.

se correspondent; à mesure que les compas s'ouvriront, les lames opposées s'appliqueront l'une contre l'autre. C'est l'imitation de la formation du sternum de ces hépato-dymes. Or, on voit que, d'après cette formation, la partie moyenne de ce sternum complexe est supérieure et horizontale (1), tandis que les deux extrémités se déversent à droite et à gauche (2), ou en avant (3) et en arrière, pour couvrir la poitrine et recevoir les côtes qui la cloisonnent sur les flancs (4). Ce sternum, qui recouvre les cœurs, se trouve ainsi au milieu des deux poitrines.

Il est aisé de concevoir maintenant que, dans le plus haut degré d'élévation du foie complexe, les deux sternum ne seront confondus que par leur appendice xiphoïde (5). Dans le reste de leur étendue, chaque sternum sera libre (6), et les deux poitrines formeront l'angle le plus ouvert qu'elles puissent atteindre dans cet état (7). Elles seront dès lors indépendantes l'une de l'autre, si ce n'est par le diaphragme complexe qui les fermera inférieurement (8).

Les poitrines étant dégagées, non-seulement les têtes seront dégagées aussi, mais les bras et les épaules seront par-

---

(1) Pl. XI, D, 1, *k*, 4, *m*.
(2) Pl. XI, *j*.
(3) Pl. X, fig. 1, *d*, *d*.
(4) Pl. XI, nos 1, 2.
(5) Pl. XX, G.
(6) Pl. XX, T, *h*.
(7) Pl. XX, CL, CL; pl. XIX.
(8) Pl. XVIII, *j*, *j*, *j*.

faitement distincts (1), ainsi que les cœurs (2), ainsi que les poumons (3), ainsi que les vaisseaux qui sortent et pénètrent dans ces organes (4).

Dans un degré moindre d'élévation du foie, la moitié des sternum sera pénétrée au point où elles l'étaient chez Ritta-Christina (5); les têtes seront ramenées l'une vers l'autre (6), ainsi que les bras (7), ainsi que les poitrines, qui deviendront communes (8), ainsi que les cœurs, qui se logeront dans un même péricarde (9), ainsi que les poumons, qui se placeront à droite et à gauche de chaque cœur (10); dans cette poitrine unique, il y aura encore tous les organes propres à deux poitrines.

Dans un second degré d'abaissement du foie complexe, les deux tiers de chaque sternum seront pénétrés. La poitrine, resserrée par le haut, fera rapprocher les têtes; les deux bras du milieu, ramenés au point de contact, n'en formeront qu'un; il n'y en aura plus que trois, dont un sera complexe. Les deux cœurs, logés dans le même péricarde, se pénétreront par les oreillettes; les poumons postérieurs seront réduits à la moitié de leur volume.

---

(1) Pl. XVIII, *x*, *x*; pl. XX, O, P.
(2) Pl. XVIII, *q*, D, C.
(3) Pl. XVIII, L.
(4) Pl. XVIII, Q, S, S, E, F.
(5) Pl. XI, *d*, *k*, *e*, *l*.
(6) Pl. XI, I, I.
(7) Pl. XI, comparée pour cet objet à la planche XX.
(8) Pl. II, *a*, *b*, *k*, *k*, *k*, *k*.
(9) Pl. II, *a*, *a*.
(10) Pl. II, *k*, *k*, *k*, *k*.

Dans un troisième degré, les sternum seront pénétrés jusqu'à leur pièce supérieure; les têtes seront très-rapprochées; le bras complexe sera réduit à un simple tubercule; ce tubercule pourra même disparaître; il n'y aura alors que deux bras, dont l'un appartiendra à l'un des enfants, l'autre à son frère. Les cœurs, toujours logés dans le même péricarde, seront confondus par les ventricules qui, de quatre, seront réduits à trois (1), ou même à deux. Les poumons postérieurs seront diminués des trois quarts; ils pourront même disparaître complètement, comme les bras moyens.

En suivant ce mouvement de haut en bas, comme nous venons de le faire, on voit les enfants perdre successivement diverses parties, à mesure que leur pénétration devient plus intime; mais s'ils perdent par le haut, ils gagnent par le bas; car, en s'abaissant, le foie complexe qui abandonne la poitrine, fait saillie dans l'abdomen; celui-ci s'élargit en raison directe du rétrécissement du thorax; cet élargissement agrandissant le champ des développements inférieurs, des organes anéantis ou avortés dans les premiers degrés, reparaissent dans les derniers.

Si, à mesure que le foie complexe s'abaisse, on voit les membres supérieurs et moyens se rapprocher d'abord, puis se confondre en un seul, puis se réduire en un tubercule, puis s'anéantir. On voit en même temps le bassin privé, en premier lieu, de tout vestige de membre surnuméraire, acquérir un tubercule postérieur qui dénote leur apparition; puis, en second lieu, ce tubercule se convertit en un membre inférieur complexe; puis, en troisième lieu, ces mem-

(1) Pl. XV, fig. 4.

bres complexes se disjoignent, et vous voyez reparaître en bas les quatre membres qui étaient dans le haut.

Article XIV.

Explication de l'organisation extérieure des hépato-dymes acomplexes (monstres doubles).

Si cela est, nous voilà ramenés naturellement des hépato-dymes complexes aux hépato-dymes acomplexes. Ceux-ci, avons-nous dit, ont constamment deux bassins séparés, et par conséquent deux paires d'extrémités inférieures. Cette constance d'organisation est-elle en rapport avec une disposition constante des foies? Cela doit être d'après ce qui précède, et cela est en effet.

Supposons encore deux jeunes embryons médiatement réunis par l'intermède de leur cordon ombilical (1) : et supposons, de plus, que leurs foies, au lieu de se correspondre par leurs extrémités, soient placés face à face, et se regardent par leur bord antérieur ou abdominal (2). Dans cette position, les foies ne pourront jamais se réunir; car ils seront séparés l'un de l'autre par l'œsophage, l'estomac et la rate (3). Non réunis, ces organes parcourront toutes leurs évolutions ; chacun d'eux restera dans son abdomen ; il maintiendra par en bas les colonnes vertébrales écartées, les bassins (4) resteront isolés, et les membres pelviens n'éprouve-

(1) Pl. XIII, *m*.
(2) Pl. XVI, *x*, *x*.
(3) Pl. XVI, I, I, H, H, G.
(4) Pl. XIV, E, F, G, fig. 1.

ront aucun obstacle dans leur développement (1). Tout sera comme pour deux enfants ordinaires, à partir de l'ombilic. Au-dessus, commenceront les dispositions insolites dont l'arrangement et l'ordre suivront un mode bien différent du précédent. Or, ce mode nouveau dépendra encore de la position des organes hépatiques.

Car les côtes viendront autour de chaque foie pour fermer la poitrine (2). Chaque rangée de côtes, apportant avec elle ses éléments sternaux par moitié, se placera sur les flancs du foie qui lui correspond (3). Latéralement, les poitrines seront comme à l'ordinaire; ce n'est que sur le milieu, c'est-à-dire par les sternum, qu'elles seront différenciées. On conçoit d'abord qu'il y en aura deux, l'un antérieur (4), l'autre postérieur (5). Mais comme les enfants seront apposés face à face, on conçoit encore que les côtes droites de l'un (6) correspondront aux côtes gauches de l'autre (7). Or, comme chaque rangée de côtes est suivie de la moitié de son sternum, il arrivera que le demi-sternum de l'un des enfants (8) se joindra au demi-sternum de son frère (9). Ces organes seront dès lors hétérogènes.

---

(1) Pl. XII, fig. 1, *g*, *g*.
(2) Pl. XIV, *a*, *a*, *a*, *b*, *b*, fig. 1.
(3) Pl. XIII, fig. 2, *m*, *m*.
(4) Pl. XIV, fig. 1, *c*, *d*.
(5) Pl. XIV, fig. 2, *h*.
(6) Pl. XIV, fig. 1, *a'*, *a*.
(7) Pl. XIV, fig. 1, *b*, *b*.
(8) Pl. XIV, fig. 2, *h*.
(9) Pl. XIV, fig. 1, *c*, *d*.

Considérées par devant et par derrière, les poitrines le seront aussi; car la poitrine antérieure sera formée par les côtes droites de l'enfant de droite, et les gauches de l'enfant de gauche. La poitrine postérieure le sera exactement de la même manière (1). Ce mode de formation est le seul possible; il est aussi le seul suivi par la nature chez les hépato-dymes acomplexes.

Tout se tient, se lie, se commande dans l'organisation. Je l'ai souvent dit; mais involontairement, on se trouve engagé à le répéter en voyant cet ordre se maintenir au milieu de ce qui nous paraît un si grand désordre.

De la non-réunion des foies résulte leur saillie dans l'abdomen (2), et par suite l'écartement lombaire des colonnes vertébrales; de cet écartement, l'isolement des bassins; de cet isolement, la séparation des cuisses et des jambes (3).

De la position des foies face à face dérive la formation de deux poitrines et de deux sternum hétérogènes. Des deux poitrines dérive le développement de deux paires de membres supérieurs, la direction verticale des colonnes vertébrales, et leur correspondance par la face antérieure des vertèbres.

Mais, dans l'ordre naturel des développements, chaque foie amène son cœur. Ces hépato-dymes auront donc deux cœurs, comme ils ont deux sternum, deux poitrines, quatre bras et quatre jambes. Je prends toujours pour exemple les cas les plus simples.

---

(1) Voyez les fig. 1 et 2 de la planche XIV.

(2) Pl. XIII, *m*.

(3) Pl. XIII, voyez les fig. 1 et 2 *a*, *a*, *b*, *b*.

Car, dans les cas compliqués, les foies venant à chevaucher l'un sur l'autre sans se réunir, les cœurs qui les suivent sont amenés au point de contact, et se pénètrent; les sternum qui suivent les cœurs cessent d'être parallèles, et se déjettent dans le sens de ces organes; les poitrines qui suivent les sternum, se distordent comme eux, et les membres supérieurs qui obéissent aux poitrines cessent d'être égaux et symétriques. Les irrégularités naissent donc de l'irrégularité première dans les rapports des foies. On conçoit que de nouveaux arrangements doivent nécessairement intervenir, quand, au lieu de se correspondre par leur face abdominale, les foies se correspondent par leur face vertébrale. Mais n'ayant pas disséqué des hépato-dymes de ce genre, il y aurait de la présomption peut-être à vouloir déterminer *à priori* ce qui doit en être. Je me renferme dans ce que j'ai vu.

Qu'il y ait deux cœurs séparés, ou qu'il n'y en ait qu'un plus ou moins complexe; que les sternum et les poitrines soient symétriques ou ne le soient pas, toujours les régions cervicales (1) de la colonne vertébrale se regardent par leur face antérieure (2). On croirait, d'après cette position, que les têtes vont se correspondre bouche à bouche et nez à nez, comme sont deux personnes qui s'embrassent. Cela serait, si chaque tête se formait de toute pièce, comme on le supposait; si, d'abord, elles étaient chez l'embryon telles qu'elles sont à la naissance. Mais il n'en est rien. Ces têtes ne sont que des demi-têtes; chacune d'elles est exactement fendue sur la ligne médiane. Chacune des moitiés a une existence

(1) Pl. XIV, fig. 1, *a*, *b*.
(2) Pl. XIV, fig. 2, *a*, *b*.

indépendante de sa moitié congénère, chacune a sa carotide interne et sa carotide externe.

Quand donc ces quatre demi-têtes sont amenées au point de contact, elles s'unissent et se conjuguent absolument de la même manière que le font les quatre moitiés de sternum qui forment les deux poitrines. La moitié droite d'une tête se joint à la moitié gauche de l'autre; il en résulte une tête unique commune aux deux enfants. Cette tête se forme d'abord en devant, et correspond au sternum antérieur. Une semblable se développe en arrière, et correspond au sternum postérieur. Ces têtes deviennent le type des céphalodymes ou janiceps (Geoff. St-Hilaire). Un céphalodyme est donc un hépato-dyme acomplexe.

Si vous pratiquez une section qui suive l'axe médian de cet hépato-dyme, vous le séparez en deux parties égales et tout-à-fait semblables. Chacune de ces moitiés sera un enfant complet, et le même enfant; seulement la poitrine sera très-ouverte en devant, à cause de l'éloignement de chaque demi-sternum; les demi-têtes seront très-écartées l'une de l'autre, et se rapprocheront des coupes qui nous servent en anatomie pour l'étude des fosses nasales et de leurs sinus. Rapprochez ces demi-têtes et ces demi-sternum, et vous reconstituerez chacun de vos enfants comme ils auraient dû être et comme ils eussent été sans leur accollement fortuit, amené par la jonction de leurs cordons ombilicaux. Que d'effets pour une si petite cause!

Abstraction faite de leur composition étrange, chacune de ces têtes sera d'ailleurs complète et régulière. Mais il est rare que ce quadruple développement s'opère dans toute son étendue; souvent il avorte en partie, et l'avortement porte

constamment sur la tête postérieure, par conséquent sur la demi-tête de chaque enfant qui concourt à sa formation. Ce siége de l'avortement tient, comme nous le verrons bientôt, à une règle générale.

L'avortement de la tête postérieure suit une décroissance graduelle, à partir de la circonférence, et se dirigeant vers le centre. Cette tête devient monstrueuse par défaut de parties, et les organes qui la composent suivent dans leur marche le même reculement que chez les monstres par défaut. L'hépato-dyme de céphalodyme (1) devient un $\frac{3}{4}$ de janiceps (2), c'est l'*enniops* de M. Geoffroy-Saint-Hilaire (3); puis un demi-janiceps, c'est le *sinotus* (4); puis les oreilles et les rochers disparaissent, et il ne reste que deux cervelets dans le même crâne (5); enfin ce cervelet peut manquer lui-même, et la tête peut être réduite à un crâne ordinaire, dont la moitié appartient à l'un des enfants, et l'autre moitié, à son frère. C'est la composition constante des parties hétérogènes, quelque degré d'élévation ou d'abaissement qu'elles atteignent.

En résumé, on voit donc que l'organisation extérieure de ces deux genres d'hépato-dymes est très-différente. Mais, quelque différente qu'elle soit, on voit aussi qu'en définitive elle se réduit à une circonstance de séparation ou de réunion des organes hépatiques. En sera-t-il de même de leur

(1) Pl. XV, fig. 7.
(2) Pl. XV, fig. 8.
(3) Pl. XV, fig. 3.
(4) Pl. XV, fig. 1.
(5) Pl. XVI, fig. 12.

organisation intérieure? la position singulière des viscères de ces monstres, leur composition si variées, et leurs rapports si insolites, pourront-ils être ramenés à un fait primordial? l'observation va nous l'apprendre.

Article XV.

Explication de l'organisation intérieure des hépato-dymes (monstres doubles). — Principe des évolutions des organes et de leurs rapports chez les êtres normaux et anormaux.

Quand on suit les formations organiques chez les embryons, l'observateur est frappé de la position qu'occupent les viscères, et de l'espèce d'évolution qu'ils exécutent pour venir se ranger chacun à leur tour à la place qu'ils doivent conserver le reste de la vie. Éloignés d'abord de l'embryon, situés à sa périphérie, on les voit se diriger de la circonférence au centre, et pénétrer dans leurs cavités respectives avec un ordre qui est toujours le même, si nul obstacle ne s'y oppose et ne vient l'intervertir. Quelle que soit la force qui les attire ainsi vers le centre de leurs cavités, une fois qu'ils y sont parvenus, on les voit se mouvoir encore, sans qu'au premier aperçu on puisse se rendre compte de ces mouvements, de leur cause, de leur nécessité et de leur but.

Mais, par une observation attentive, on reconnaît bientôt l'influence que le foie exerce sur ces mouvements des organes. On reconnaît que c'est lui qui commande en quelque sorte toutes les évolutions que l'on remarque dans les viscères de l'abdomen et de la poitrine. Placé au milieu de ces deux cavités, c'est par lui et autour de lui que tout se dispose et

se coordonne. Sa position assigne aux autres viscères leur position ; son déplacement commande aux autres leur déplacement. Sa transposition commande aux autres leur transposition. Son absence fait cesser toute harmonie dans les rapports, sa duplicité commande une harmonie nouvelle, dont il est toujours, et le centre, et le mobile et le régulateur.

Cela étant, on sera surpris peut-être que cet organe ait si peu fixé l'attention des anatomistes; mais si l'on considère que, dans les développements centrifuges, le cœur était tout, qu'on en faisait le *primum vivens*, qu'il était un centre d'où radiait toute l'organisation; on trouvera dans cette préoccupation la cause de cet oubli, et dans cet oubli l'ignorance où l'on est encore des raisons qui portent ainsi les viscères à se mouvoir autour d'un centre commun.

Ces mouvements ont pour but de caser chaque organe au lieu et place qu'il doit occuper, et pour résultat l'harmonie qui constitue les rapports normaux des viscères les uns à l'égard des autres. Afin d'apprécier les changements que la présence de nouveaux organes introduit dans leur disposition, et de juger avec quelque certitude la disposition nouvelle qu'ils affectent, nous devons donc commencer par nous rendre compte de leur état habituel. L'observation va nous montrer que le foie exerce sur les organes de l'abdomen et de la poitrine, une influence analogue à celle des lobes optiques (tubercules quadrijumeaux) dans l'évolution qui assigne à chaque partie de l'encéphale, la place qu'elle doit occuper (1). Nous verrons encore que dans ces perturbations

(1) Anatomie comparative du cerveau, I^re^ et II^me^ parties ; tome I^er^.

organiques auxquelles la nature se livre, elle sacrifie la forme et la position des organes à leurs connexions : par la raison que des connexions résulte l'harmonie organique, et que de cette harmonie dépend la vie de l'individu que la nature a toujours en vue dans ses formations.

Venons à notre objet.

Chacun sait que primitivement le cœur est hors de la poitrine, et le canal intestinal hors de l'abdomen ; ce dernier est logé dans le cordon ombilical, et le premier se trouve placé au-devant du col. Le foie, d'une dimension démesurée, occupe à lui seul, et l'abdomen, et la poitrine.

A mesure que le jeune embryon se développe, le cœur d'abord, puis les intestins viennent prendre domicile dans les cavités qu'ils doivent occuper : mais ils ne le font et ne peuvent le faire qu'au fur et mesure que la réduction du foie le leur permet.

En premier lieu, et jusqu'à la fin du quatrième mois de l'embryon humain, la réduction du foie s'opère également sur toute sa masse; il occupe alors la partie médiane et antérieure de l'abdomen, sans s'incliner ni d'un côté ni de l'autre. Le cœur, qui a pénétré dans la poitrine, se place au milieu de cette cavité, et il est maintenu là par le plan horizontal que lui présente le diaphragme immédiatement appliqué sur la convexité du foie.

Du cinquième au sixième mois de la vie embryonnaire, l'équilibre de la décroissance du foie se trouve rompu ; l'atrophie porte principalement sur le lobe gauche, le lobe droit conserve son volume, et il s'enfonce dans l'hypocondre du même côté. Le cœur, qui se trouve reposer sur la face convexe de cet organe, suit naturellement l'inclinaison du plan

qu'elle présente. A mesure que le lobe gauche du foie s'abaisse, le cœur suivant son mouvement s'abaisse avec lui, et du même côté que lui. Finalement la pointe du cœur reste inclinée du côté gauche, par la raison que le foie s'élève du côté droit, et maintient la base de son côté par ses rapports avec l'oreille droite. D'où il suit que l'inclinaison du cœur répète dans la poitrine l'inclinaison du foie dans l'abdomen. D'où il suit encore que les mammifères chez lesquels le cœur ne repose pas immédiatement sur le diaphragme, sont étrangers à cette inclinaison. Cet organe occupe chez eux l'axe de la poitrine.

Ce rapport est assez évident en lui-même, il en est de même de la position qu'affectent l'estomac et la rate. Car, en entrant dans l'abdomen, le paquet intestinal se logeant sous le foie, on conçoit, par ses liaisons avec le duodénum, que cet intestin étant entraîné à droite, la grosse courbure de l'estomac et la rate doivent se porter à gauche. Mais pourquoi le cœcum correspond-il à la grosse extrémité du foie et l'S iliaque du colon à la petite? c'est ce qu'il est difficile de dire. Cependant, comme ces rapports sont constants, il est vraisemblable qu'ils tiennent à des raisons non encore aperçues.

Quoi qu'il en soit, il est de fait que toujours la grosse extrémité du foie entraîne de son côté le cœur pulmonaire, les veines caves, l'azygos, le duodénum et le cœcum; et la petite, le cœur aortique, l'aorte pectorale, l'estomac, la rate et l'S iliaque du colon. Or, ce qui prouve que ces rapports tiennent à des liaisons secrètes de ces organes, c'est que si le foie se transpose et se retourne, tous ces viscères se retournent et se transposent avec lui.

Ainsi, si la grosse extrémité du foie se place à gauche, le cœur droit, les veines caves, l'azygos, le duodénum et le cœcum la suivent, et se logent dans le côté gauche; tandis que la petite extrémité du foie s'étant dirigée à droite, l'estomac, la rate et l'S iliaque du colon, obéissant à cette impulsion, passent de gauche à droite, où ils se logent. Les artères, les veines, les nerfs subordonnés à ces organes, se retournent comme eux; de telle sorte que de proche en proche, cette simple transposition du foie se fait ressentir jusque dans les plus petits détails de l'organisation.

C'est d'après cette règle que se coordonnent les viscères de l'abdomen et de la poitrine; d'où il suit que si le foie vient à manquer, les évolutions privées de leur régulateur sont nécessairement interverties; de là la confusion et l'irrégularité que l'on observe constamment dans les viscères des acéphales privés d'organe hépatique.

D'où il suit encore que si le foie est double, les évolutions devront se combiner différemment que lorsqu'il est simple. Mais, dans ces combinaisons, les organes tourneront sans cesse autour de leur régulateur, de sorte que les positions et les conditions diverses des deux foies donneront invariablement et nécessairement la condition et la position de tous les autres viscères de l'abdomen et de la poitrine. D'où il résulte, enfin, que chez les hépato-dymes, la composition et le rapport de ces organes se déduiront des bords ou des extrémités par lesquels les deux foies se correspondront ou se seront pénétrés.

Or, chez les hépato-dymes complexes, la pénétration des foies peut s'opérer de trois manières différentes:

Premièrement, elle peut avoir lieu par les petites extré-

mités; secondement, par les grosses; troisièmement, la grosse extrémité de l'un peut se joindre à la petite de l'autre. De ces associations naîtront dans les organes des combinaisons multiples et diversifiées : mais ces diversités étant soumises à la règle, la règle détermine l'ordre selon lequel elles se sont opérées.

Ainsi, quand les deux petites extrémités du foie se sont réunies, les ventricules gauches sont amenés au point de contact, ainsi que les aortes pectorales; les ventricules droits, ainsi que les veines caves et l'azygos, sont très-écartés; les estomacs se correspondent par leur grosse extrémité; les rates, interposées entre elles, empêchent leur réunion, soit qu'elles se pénètrent, ou qu'elles restent distinctes : les S iliaques du colon, rapprochées comme les estomacs, se confondent l'une avec l'autre, nulle partie ne leur étant interposée. En même temps, les duodénum sont écartés, ainsi que les cœcum, qui occupent les points extrêmes du bas de l'abdomen, comme les grosses extrémités des foies en remplissent le haut.

Ce cas n'est pas rare; il donne lieu à un phénomène singulier que nous allons voir se reproduire; car, par cette association des deux enfants, il arrive que celui de gauche a tous ses viscères transposés, tandis que celui de droite les a conservés dans leur position et leurs rapports ordinaires. C'est en cela que consiste toute l'irrégularité qui s'est développée, et, comme on le voit, elle dépend uniquement de la transposition du foie de l'enfant gauche. Cette circonstance appréciée et reconnue, toutes les autres suivent et s'en déduisent.

L'inverse a lieu quand la pénétration des foies s'opère par

la grosse extrémité. Ce sont alors les ventricules droits, les veines caves et les azygos qui, amenés vers la ligne médiane, tendent à se pénétrer et à se confondre. Les ventricules gauches et les aortes, rejetés en dehors, sont toujours placés à distance; les artères qui naissent des crosses aortiques, sont libres et dégagées; les estomacs se regardent par leur extrémité pylorique, et les duodénum rapprochés, ou se pénètrent, ou restent isolés; les rates qui, précédemment se touchaient sur la ligne médiane, se trouvent, au contraire, à la plus grande distance possible l'une de l'autre; il en est de même des S iliaques du colon, si les deux existent; et, au contraire, les cœcum qui, dans l'autre cas, se trouvaient déjetés aux points extrêmes de l'abdomen, sont dans celui-ci ramenés sur la ligne où constamment ils se réunissent. Renversez le cas précédent, et vous aurez l'explication de celui-ci.

Ces diversités nombreuses, ces contrastes organiques tiennent en effet à une simple inversion dans la transposition de l'un des foies. Chez le précédent, la transposition du foie de l'enfant gauche avait produit celle de tous ses viscères, tandis que ceux de l'enfant droit occupaient leur place accoutumée; chez celui-ci, c'est le foie de l'enfant droit qui s'est transposé, ce sont tous ses viscères qui passent de droite à gauche, tandis que ceux de l'autre enfant restent en place.

Ce cas est le plus fréquent; c'est celui de Ritta-Christina, le seul qui nous paraisse compatible avec l'exercice de la vie extérieure, celui par conséquent qui nous paraît le plus digne de l'attention des physiologistes; la vie s'entretient alors comme elle a lieu sur deux hommes séparés, dont l'un a ses viscères dans leur position ordinaire, tandis que l'autre les a tous transposés, par suite de l'inversion du foie.

Il est aisé de concevoir maintenant l'arrangement viscéral nouveau qui survient quand la grosse extrémité d'un foie se joint à la petite du foie congénère (1). Rapprochez deux fœtus ordinaires et vous produirez cette troisième disposition. Tout restera en place, les positions des organes seront normales, rien ne sera changé dans leurs rapports, et cependant les évolutions organiques sont si impérieusement soumises aux règles que nous exposons, que la plus grande irrégularité naîtra de cette régularité, un désordre plus grand sortira de cette association faite selon l'ordre : la mort en sera le résultat.

Car, par cette pénétration des foies, les cavités droites de l'un des cœurs seront ramenées vers les cavités gauches de l'autre; une aorte sera libre, mais l'autre pourra être confondue avec l'artère pulmonaire; l'oreillette gauche, d'un côté, se réunira à la droite du cœur opposé; le sang veineux sera dans un mélange continuel avec le sang artériel, mélange compatible avec la vie utérine, mais incompatible avec la vie extérieure.

Du reste, les estomacs seront séparés (2) : situés tous les deux dans l'hypocondre gauche de chacun des enfants (3), la grosse extrémité de celui de l'enfant droit (4) sera en regard de la petite de l'enfant gauche (5), et une rate interposée entre eux s'opposera à leur pénétration. Les cœcum,

(1) Pl. XIV, fig. 3.
(2) Pl. XIV, fig. 3, *a*, *c*.
(3) Pl. XIV, fig. 3, *a*, *b*, *d*.
(4) Pl. XIV, fig. 3, *a*.
(5) Pl. XIV, fig. 3. *d*.

placés à distance, et logés chacun dans la fosse iliaque droite de chaque enfant, seront hors de la portée l'un de l'autre; pareillement des S iliaques du colon : tout sera distinct dans ces abdomens, à l'exception des foies, qui seront réunis (1); les bassins mêmes pourront être séparés (2) et se rapprocher ainsi de la disposition des hépato-dymes acomplexes. Ce cas, qui sert de liaison entre les deux genres d'hépato-dymes, est assez fréquent (3); la descente du foie complexe qui s'étend jusque dans les fosses iliaques (4), produit la séparation des bassins, l'isolement des viscères qu'il renferme; mais il ne peut produire ce résultat qu'en délaissant la poitrine; les viscères pectoraux, ramenés dès lors les uns vers les autres, déterminent la confusion des cœurs; d'où la mort.

Une réflexion ressort de la considération de ces monstres: c'est que l'ordre actuel et les associations présentes des organes de l'homme sont créés pour la vie isolée de chaque individu. Si la nature voulait entretenir une vie associée comme l'était celle de Ritta-Christina, un ordre nouveau deviendrait indispensable, et cet ordre serait ce que nous nommons désordre, c'est-à-dire la nécessité que l'un des êtres associés eût ses viscères placés en sens inverse de l'autre. Dans l'état présent, la vie associée naît de l'irrégularité; la mort, de la régularité. Ce résultat est physique, il est la suite inévitable des connexions organiques.

---

(1) Pl. XIV, fig. 3, *f*.

(2) Pl. XIV, fig. 3, *h*, *h*.

(3) Voyez l'exemple rapporté par Haller, dont j'ai copié la figure 3, planche XIV.

(4) Pl. XIV, fig. 3, *h*, *f*.

Un autre effet que les idées anciennes pourraient faire regarder comme contradictoire, est la séparation constante des estomacs (1), à côté de la réunion aussi constante des organes hépatiques (2). Cette séparation qui dépend de la même cause, est, comme le résultat précédent, une nécessité de l'organisation des hépato-dymes complexes.

De la séparation des estomacs résulte encore celle des intestins grêles (3). Quoique l'abdomen soit le plus souvent unique, chaque enfant a son jéjunum séparé; la pénétration la plus élevée s'opère ordinairement au commencement de l'iléon (4). La communauté de l'intestin se prolonge ensuite jusqu'à la fin du rectum (5). Le point où commence cette communauté est variable; mais cette variation est soumise à la règle : elle se détermine d'après l'état des membres surnuméraires surajoutés en arrière du bassin.

Ainsi, si le bassin ne supporte que deux jambes (6), et lors même qu'un petit tubercule postérieur indique l'avortement des autres, l'union s'effectue au commencement de l'iléon (7) : s'il y a trois jambes, la communauté ne commence qu'au cœcum; s'il en existe trois et les rudiments de la quatrième, la division intestinale se prolonge plus bas encore, et ne s'opère que sur un des points des intestins colons. Enfin,

---

(1) Pl. III, *g*, *g*.
(2) Pl. III, *b*, *b*, *b''*.
(3) Pl. 3, fig. 1, *f*, *h*, *k*.
(4) Pl. VII, A, *e*, A, *e*.
(5) Pl. VII, E, F.
(6) Pl. I, fig. 1.
(7) Pl. VII, A, C.

avec l'isolement des bassins et des membres coïncide en même temps le dégagement complet de chaque canal intestinal. Plus s'accroissent les individus associés, plus la nature augmente les réservoirs de leur nutrition. Sa fin est visible dans ce dégagement graduel des canaux intestinaux.

Un fait évident se manifeste dans l'organisation intérieure des hépato-dymes complexes : c'est qu'en dégageant le haut du tronc, la nature tend à rendre viables des associations mortelles. Or, cet écartement a pour effet d'isoler l'une de l'autre les circulations à sang rouge et à sang noir, dont le mélange, après la naissance, produit inévitablement la mort.

L'organisation intérieure des hépato-dymes acomplexes, tendant à l'effet contraire, c'est-à-dire au dégagement du bas du tronc et à la pénétration du haut, il en résulte la confusion de ces deux circulations et ses conséquences. Aussi, à ma connaissance, nul individu de ce genre n'a vécu, et j'ajoute : nul individu ne saurait vivre au-delà du sein de sa mère.

Le contraste organique de ces deux genres de monstres doubles est surtout remarquable sous ce point de vue ; et comme il dépend des conditions de leurs organes hépatiques, nous devons chercher à apprécier celles des hépato-dymes acomplexes. Chez ceux-ci les foies sont séparés, et ils se correspondent, non par leurs extrémités, comme chez les précédents, mais bien par leurs bords, et le plus souvent par leur bord abdominal.

Au premier aperçu, on ne voit guère comment une condition hépatique, si minime en apparence, pourra déterminer des associations organiques si étranges : l'anatomie de l'adulte en donnerait difficilement l'idée ; mais si l'on se re-

porte aux premières périodes embryonnaires, en ayant égard aux règles que nous développons, on trouvera dans ce qui est l'exacte production de ce qui doit être.

Que l'on se représente deux foies ainsi rapprochés l'un de l'autre (1); chacun d'eux amenant son estomac (2) et son œsophage, ces derniers organes seront appliqués l'un contre l'autre; cette application favorisant leur pénétration, la pénétration aura lieu: les deux estomacs, les deux œsophages n'en feront qu'un, dont le siége occupera l'axe des deux enfants (3). Il en sera de même du commencement de l'intestin grêle (4); l'unité de l'œsophage et de l'estomac amènera inévitablement l'unité du duodénum (5) et du jéjunum (6). Cette communauté intestinale se prolongera jusqu'au commencement de l'iléon (7); à partir de cet intestin, la division sera tranchée (8), et chaque enfant aura en propre les deux tiers de ses intestins (9) jusqu'au rectum (10).

Ces résultats sont constants chez les monstres doubles: la communauté du haut du canal intestinal coïncide toujours avec sa division inférieure; et sa division supérieure commande presque toujours aussi sa communauté inférieure. Le premier

(1) Pl. XIII, fig. 2, *m*, *m*.
(2) Pl. XIII, fig. 2, P.
(3) Pl. XIII, fig. 2, *x*.
(4) Pl. XIII, fig. 2, *y*.
(5) Pl. XIII, fig. 1, S.
(6) Pl. XIII, fig. 1, S, S, S, P.
(7) Pl. XIII, fig. 1, P.
(8) Pl. XIII, fig. 1, P, *q*, *q*.
(9) Pl. XIII, fig. 2, S, S, S, S.
(10) Pl. XIII, fig. 1, *q*, *q*, *q*, *q*.

état est en rapport avec la séparation des foies ; le second, avec leur réunion : ces phénomènes se suivent, quoiqu'ils soient en contradiction avec les idées reçues sur les développements.

Cette disposition singulière est peu de chose, en comparaison de celle qui se manifeste dans les thorax. Nous avons dit comment chacune de ces cavités est une propriété commune aux deux enfants (1), par sa charpente osseuse et par ses muscles ; cette communauté s'étend aux poumons et au cœur (2) ; et voici le mécanisme de cette étrange structure.

Soit la poitrine antérieure (3) ; le foie appartenant au sujet droit (4), le cœur se trouve placé au-dessus, et il occupe le milieu du thorax (5) : la partie veineuse du cœur appartenant au foie, on voit que le sujet de droite fournira, et les veines-caves supérieure et inférieure (6), le poumon droit (7) et les parties droites du cœur ; en un mot, tout le matériel de la circulation à sang noir. On voit, au contraire, que le cœur aortique proviendra du sujet gauche (8), avec son oreillette et son poumon (9) ; la circulation à sang rouge lui appartiendra. D'où il suit que, dans cette poitrine, il n'y aura pas

---

(1) Pl. XIII, figs 1 et 2.
(2) Pl. XIII, fig. 1, *a*, *i*, L, L ; fig. 2, *e*, *b*, *c*.
(3) Pl. XIII, fig. 1, J, J.
(4) Pl. XIII, fig. 1, B, B.
(5) Pl. XIII, fig. 1, *e*.
(6) Pl. XIII, fig. 1, *d*.
(7) Pl. XIII, fig. 1, *b'*, *b'*, *d*.
(8) Pl. XIII, fig. 1, A, A.
(9) Pl. XIII, fig. 1, *c*, *b*, *b*, *b*.

seulement des organes hétérogènes, mais encore les deux circulations seront étrangères l'une à l'autre. L'aorte (1) du sujet de gauche ira s'implanter sur le cœur (2) que l'on croirait devoir appartenir au sujet de droite (3).

Suivez maintenant les effets de cette organisation. On voit que le sang veineux provenant du train inférieur du sujet gauche se rendra, par la veine-cave de ce côté, dans l'oreillette droite (4); il rencontrera là le sang noir provenant des deux demi-têtes antérieures, et porté par les jugulaires (5) et la veine-cave supérieure (6) : il passera dans le ventricule droit, de là aux poumons et à l'aorte, par l'artère pulmonaire (7) et le canal artériel (8); et enfin, en supposant la circulation complète, il reviendra des poumons dans l'oreillette gauche, de celle-ci dans le ventricule aortique, et du ventricule dans l'aorte (9). Or, l'aorte appartient au sujet gauche (10); d'où il suit que le sang veineux, élaboré par le sujet droit, sera dévolu en totalité au sujet gauche. Il semble même que c'est pour favoriser ce résultat que le cœur se trouve placé sur l'axe médian des deux sujets.

Mais, d'après cette répartition, le sujet gauche se trouve

---

(1) Pl. XIII, fig. 1, *g*, *g*.
(2) Pl. XIII, fig. 1, *e*, *f*.
(3) Pl. XIII, fig. 1, B, B.
(4) Pl. XIII, fig. 1, *d*.
(5) Pl. XIII, fig. 1 *k*, *k*.
(6) Pl. XIII, fig. 1, *d*.
(7) Pl. XIII, fig. 1, *f*.
(8) Pl. XIII, fig. 1, *f*, *g*.
(9) Pl. XIII, fig. 1, *g*, *g*, *g*.
(10) Pl. XIII, fig. 1, A, A.

privé de sang artériel. Pour trouver la manière dont sa part lui est rendue, il faut retourner l'enfant, et suivre, avec le même détail, la structure de la poitrine postérieure (1). Cette structure étant l'inverse de la précédente, la circulation veineuse appartiendra à l'enfant A, et l'artérielle à l'enfant B; les appareils se disposent ainsi qu'il suit pour amener ce résultat.

Le foie postérieur (2), qui presque toujours est plus petit que l'antérieur, appartient au sujet A; au-dessus de lui est placé le cœur (3), situé encore de manière à occuper le point central des deux sujets. Les cavités droites de cet organe correspondant à l'organe hépatique, les veines-caves, inférieure et supérieure (4), l'oreillette droite (5), le ventricule pulmonaire et le poumon droit, proviendront du sujet A; tandis que l'aorte (6), le poumon gauche, et le ventricule du même côté seront fournis par le sujet B. Or, en suivant, comme nous l'avons fait précédemment, la marche du sang, on verra que tout le sang veineux, arrivant au cœur du sujet A, est projeté dans l'aorte (7) qui appartient au sujet B. Ce dernier reçoit ainsi tout le sang artériel de cette deuxième circulation.

Chaque enfant a donc sa double circulation; mais, au lieu d'être réunies comme elles le sont à l'ordinaire, elles se trou-

(1) Pl. XIII, fig. 2, *i*, *h*.
(2) Pl. XIII, fig. 2, *m*.
(3) Pl. XIII, fig. 2, *a*.
(4) Pl. XIII, fig. 2, *j*.
(5) Pl. XIII, fig. 2, *k*.
(6) Pl. XIII, fig. 2, *i*.
(7) Pl. XIII, fig. 2, *f*, *i*.

vent séparées, et réparties également entre les deux sujets. La circulation à sang noir de l'enfant B, devient la circulation à sang rouge de l'enfant A; et, par contre comme par nécessité, le sang veineux du sujet A devient le sang artériel du sujet B. L'association devient indissoluble entre ces deux êtres; ils s'appartiennent mutuellement.

A la rigueur, l'esprit pourrait concevoir ces quatre circulations si bien isolées, que la vie extérieure pût s'ensuivre; mais, en réalité, si l'on considère que ces deux cœurs, quand même ils sont distincts, se touchent par leur base, et que de cette base s'élèvent des artères et des veines qui se croisent en tout sens (1), on concevra plus facilement encore comment, dans ce croisement, les vaisseaux se mêlent et s'unissent de manière à produire le mélange de la circulation rouge et noire, et par suite la mort (2).

Il est inutile que nous disions que les nerfs pneumogastriques, qui se trouvent dans chaque poitrine, ainsi que les ganglions cervicaux intercostaux du grand sympathique, proviennent de sujets différents; cela se déduit de tout ce qui précède. Il se déduit aussi que, d'après cette position des foies, les bases des cœurs sont ramenées l'une vers l'autre, de telle sorte que leurs pointes sont opposées. Il en est de même des larynx (3), de même des os hyoïdes, de même du pharynx, qui toujours est commun comme l'œsophage (4). A ce

(1) Pl. XVI, fig. 4, *x*, *z*, B.

(2) On peut même voir, sur la fig. 4, pl. XVI, la communication qui s'opère entre les deux aortes, C, G, B.

(3) Pl. XVI, fig. 8, C, C.

(4) Pl. XVI, fig. 8, B, *g*.

pharynx commun aboutissent deux langues, qui toujours aussi se correspondent par leur base (1); tandis que, comme les cœurs, leurs pointes sont opposées. Les langues, le pharynx, les trachées-artères, les larynx, les poumons, de même que l'œsophage et l'estomac, sont tous des organes hétérogènes (2). De proche en proche, nous voici arrivés à la base du crâne, dont nous avons déjà expliqué la composition, ainsi que l'évolution qui lui est commune avec l'encéphale (3). Cette évolution, peu sensible dans les foies, devient plus marquée dans les cœurs, plus encore dans les poumons, les larynx, les langues, la base du crâne et l'encéphale. Elle se prononce en raison directe de la pénétration des parties, et en raison inverse du point où elle commence.

Telle est l'organisation intérieure des hépato-dymes. Comme l'extérieure, on voit qu'elle procède des conditions premières dans lesquelles se trouvent les deux organes hépatiques. Or, ces conditions n'exercent cette influence que parce que, dans l'état normal, le foie est le régulateur des viscères de l'abdomen et de la poitrine; que leur lieu et place leur est assigné d'après les connexions indispensables à l'harmonie des fonctions d'où résulte la vie. Quel que soit donc le nombre des viscères surajoutés au nombre ordinaire, quelle que soit leur disposition, qu'ils se pénètrent et se confondent, qu'ils ne se pénètrent pas et restent

(1) Pl. XVI, fig. 8, A, A.

(2) Voyez la fig. 8, pl. XVI.

(3) Voyez pl. XV, fig. 1, 3, 7, 8 et pl. XVI, fig. 7, 9, 10, 11, 12.

séparés, qu'ils conservent leur place accoutumée ou qu'ils en changent ; ces changements de forme, de position, et les rapports nouveaux qui en résultent, sont tous subordonnés aux deux conditions dans lesquelles se trouvent les foies chez les monstres doubles.

De ces deux conditions l'une a une tendance marquée à produire la viabilité de ces êtres, et elle atteint quelquefois ce but en isolant complètement les circulations à sang rouge et à sang noir ; l'autre, au contraire, semble avoir un but opposé, puisque son résultat constant est d'amener la confusion de ces deux circulations, dont la mort est la suite inévitable.

Article XVI.

Délimitation de la monstruosité par excès.

Un des résultats de l'appréciation des règles que suit la nature dans ses formations, est de déterminer ce qui est et ce qui peut être dans son état présent. Les développements organiques se balancent dans un cercle très-étendu à la vérité ; mais ce cercle a ses limites pour chaque espèce, pour chaque famille et pour chaque classe.

L'étude approfondie de l'organogénie nous apprend que les développements peuvent s'arrêter dans leur marche, et produire moins qu'ils ne doivent ; elle nous apprend aussi qu'ils ne peuvent aller au-delà, et produire plus qu'il ne leur est demandé par la position qu'occupent les êtres dans l'échelle organique. Les organes peuvent donc reculer, comme nous l'avons fait voir ; mais ils ne peuvent avancer, pour s'élever d'un degré inférieur à un degré supérieur. Cette

loi, dont la cause nous échappe, maintient l'harmonie actuelle des êtres organisés.

Quelle que soit donc l'exubérance organique des monstres par excès, jamais ils ne franchiront leurs limites respectives. Des poissons monstrueux resteront poissons, ils ne pourront s'élever à l'organisation des reptiles; des reptiles developpés à l'excès ne deviendront point oiseaux; les oiseaux, mammifères, et ceux-ci, hommes. Toute la force productrice s'épuisera à doubler le poisson, le reptile, l'oiseau, le mammifère ou l'homme; il y aura des individus associés et doublés, et rien de plus.

Cette association s'opérant d'après le mécanisme que nous avons exposé, il en résultera que les parties doublées ne pourront être que la répétition l'une de l'autre; il en résultera encore que cette seconde partie, qui répète la première, lui sera de toute nécessité adossée. Ces résultats sont physiques.

Ils ne peuvent se développer que de la manière que nous avons dit qu'ils se développaient : d'où il suit qu'une tête surnuméraire ne peut être qu'à côté de la première tête; qu'un pénis surnuméraire ne peut être qu'à côté de l'autre pénis; qu'un membre surnuméraire ne saurait être ailleurs qu'à côté du membre qu'il reproduit.

On conçoit en effet que ces têtes, ces membres, ces parties surnuméraires, n'étant que le produit du désassemblage des matériaux qui ont servi à la formation des parties analogues que l'on considère comme normales, il est de toute impossibilité que ces matériaux s'écartent au-delà d'une certaine mesure des matériaux qui leur sont congénères.

Supposez un céphalo-dyme composé avec de doubles ma-

tériaux représentés par les lettres A, A′ et B, B′, il est évident que la première tête résultant de l'assemblage des matériaux A, B, et la seconde de la réunion de A′, B′, ces deux ordres de matériaux doivent nécessairement rester à côté les uns des autres. Les matériaux A, B ne sauraient s'associer au haut de la région cervicale, et les matériaux A′, B′ aller se réunir au coccyx ou ailleurs. Le système des homologies, qui admet de semblables transpositions, suppose plus que ne peut et ne fait la nature.

Car, si une transposition était possible, même dans les idées homologiques, c'est, sans aucun doute, sur les membres. On sait, depuis Vic-d'Azyr, que les membres supérieurs et inférieurs sont analogues, que la composition des uns est la répétition de la composition des autres. Or, a-t-on jamais vu, chez les monstres, les membres supérieurs prendre la place des inférieurs, et les inférieurs venir occuper celle des supérieurs? Non, sans doute; et jamais on ne le verra, par la raison qu'une telle transposition est incompatible avec les lois des développements organiques.

Si donc des parties presque identiques ne peuvent se mettre à la place les unes des autres, comment supposer que le pénis ira remplacer le nez, que la tête se portera vers le sacrum, etc. Toutes les hypothèses préalables ne pourront donner une apparence de vraisemblance à une pareille mutation. Les transpositions organiques sont donc limitées comme le sont eux-mêmes les développemens des espèces et des classes.

Cette délimitation des matériaux organiques, de leur association et de leur position, devient un des moyens puissants que la nature met en œuvre, pour rendre le moins ir-

régulières possibles les créations qu'elle forme avec de semblables éléments ; sa tendance à la régularité se manifeste jusque dans les efforts qu'elle fait dans ces productions irrégulières.

Ainsi, quand de doubles matériaux sont amenés les uns vers les autres, leurs proportions peuvent être dans deux états divers : 1° Les matériaux peuvent être également développés, et devenir aptes à construire deux parties analogues : c'est ce qu'elle fait en donnant naissance à deux têtes, à deux poitrines, à deux bassins, accolés et réunis selon le mode que nous avons développé ; 2° ou bien les matériaux sont inégalement développés : une des moitiés se trouve dans les proportions requises pour les formations normales; l'autre moitié se trouvant réduite, au contraire, au-dessous de cette proportion. Que fera la nature avec de tels éléments organiques ? Associera-t-elle, sans choix ni discernement, et, pour ainsi dire, au hasard, les matériaux proportionnés et ceux disproportionnés ? Tout serait dès lors dans une confusion complète; aucune partie n'arriverait au terme des développements ordinaires; les formations elles-mêmes ne seraient pas possibles. Choisira-t-elle, au contraire, parmi ces matériaux ? Mettra-t-elle en présence ceux bien proportionnés d'une part, et ceux disproportionnés de l'autre ? Formera-t-elle, de cette manière, d'un côté des organes réguliers, et de l'autre, des organes irréguliers ? La raison l'indique, et ce qu'indique la raison est toujours ce que fait la nature.

Après cette délimitation des matériaux organiques, la nature procède en effet à leur association d'après une règle générale ; elle porte en avant tous ceux dont le développe-

ment est le plus avancé, tandis qu'elle rejette en arrière ceux dont le développement est avorté.

De l'application constante à cette règle, il suit : 1° que les organes parfaitement développés se trouvent sur toute la ligne antérieure; 2° que les organes les moins parfaits se trouvent sur la ligne postérieure. Il suit encore que, quand il y a deux têtes, l'antérieure est d'abord amenée à son état presque normal, tandis que la postérieure est le plus souvent atrophiée, de même du pharynx, de la langue, du larynx : l'antérieur de ces organes prédomine toujours sur le postérieur.

Le résultat est semblable pour la poitrine; nous l'avons déjà dit : mais on voit présentement la raison qui fait que le sternum et les côtes postérieures, d'abord atrophiés, tendent à se réduire jusqu'à leur entier anéantissement. On voit encore pourquoi le cœur et les poumons postérieurs sont constamment moins développés que les antérieurs; pourquoi les organes disparaissent en arrière, tandis que ceux de devant restent dans leurs dimensions accoutumées; pourquoi le foie antérieur est aussi plus volumineux que le postérieur : comment il arrive que, quand il y a deux utérus, le postérieur est atrophié, l'antérieur conservant ses dimensions ordinaires. On voit de là comment il se fait que, dans les doubles paires de membres, ce sont toujours les postérieurs qui s'atrophient, avortent plus ou moins, ou disparaissent complètement. On ne peut méconnaître, dans cette marche, une sollicitude toute particulière de la nature pour former d'abord un des individus associés, et toujours le même, l'antérieur; tandis que le postérieur, et toujours

le postérieur, est sacrifié à ce nouvel arrangement. Dans l'hétéradelphie, c'est l'individu antérieur qui reste.

Ce nouvel arrangement est, en effet, une tendance manifeste de la nature à rentrer dans les lignes dont elle s'est écartée. Ses efforts vers ce but ne sont nulle part plus manifestes que dans le dégagement de la duplicité monstrueuse.

Dans les efforts de ce dégagement, la nature donne naissance à de nouveaux genres d'hépato-dymes, lesquels, moins pénétrés que les précédents, tendent à reproduire deux individualités distinctes. De ce nombre sont les *ischio-dymes* (ischiadelphes, G. S. H.) et les *omphalo-dymes* (1). Dans ces cas, l'organisation du pourtour de l'ombilic et celle des deux bassins reproduisant l'organisation associée des poitrines et des têtes, que nous avons décrites, nous ne reviendrons pas sur la composition particulière des organes hétérogènes qui en sont le résultat.

Article XVII.

Anatomie pathologique.

Délimitation des transformations et des productions organiques nouvelles, développées sous l'influence des maladies.

La structure des organes subit, comme leur forme, des métamorphoses diverses; elle passe par des degrés différents

(1) M. Isid. Geoffroy-St.-Hilaire. Voyez les nouvelles vues sur la nomenclature des monstres exposées par cet habile zootomiste dans les Annales des sciences naturelles.

avant de s'arrêter à celui qu'elle doit conserver le reste de la vie. L'aberration dans la forme produit la monstruosité, l'aberration de structure donne naissance aux maladies. Les unes comme les autres sont soumises à des règles, et presque aux mêmes règles.

Pour concevoir les aberrations de la forme, nous avons été obligés de la suivre dans ses évolutions successives, depuis sa manifestation jusqu'à son développement complet.

Pour concevoir celles de la structure, nous devons recourir au même procédé. Or, de même que la monstruosité n'est souvent que le reculement d'un organe vers un autre plus simple, ou son arrêt à un de ses états embryonnaires et primitifs; de même les maladies organiques ne sont fréquemment qu'un retour de la structure des organes, vers la structure qu'ils ont eue naturellement à une époque de la vie embryonnaire.

Les maladies par reculement des tissus correspondent aux monstruosités par défaut, et les monstruosités par excès se rapprochent des états morbides dans lesquels il y a production organique nouvelle. Or, de même encore que la monstruosité par excès ne fait que répéter une organisation déjà acquise, de même les maladies productrices ne donneront naissance qu'à un tissu déjà existant. Elles reproduisent des tissus comme la monstruosité reproduit des organes; mais ces tissus, ainsi que ces organes, ont presque toujours leurs analogues dans l'organisation normale et régulière (1).

---

(1) Nous ne comprenons pas dans ces productions, celles dans lesquelles nul mouvement organique ne se développe; telles que le *pus*, le *tubercule*, les matières colloïdes grasses, colorantes et salines. (V. M. An-

Ainsi c'est du tissu cellulaire qui est produit, ce sont des membranes dont le tissu cellulaire ou l'albumine forment la base, ce sont des parties celluleuses qui deviennent fibreuses; ces dernières qui passent, ou à l'état osseux, ou cartilagineux. Ce sont des cartilages naturels dans lesquels la matière osseuse se dépose, des fibres musculaires insolites qui apparaissent, des organes de sécrétion qui se forment, ou sous forme de kiste, ou sous forme de cryptes, dont les analogues existent déjà dans l'organisation; des vaisseaux sanguins qui spontanément se produisent sur ces tissus de nouvelle formation, et enfin le système nerveux lui-même qui, dans certains cas peut-être, vient s'ajouter à ces productions accidentelles.

Quoique formées pendant le trouble des maladies, ces productions sont soumises à certaines règles. La première, qui confirme une des lois de la physique et de la chimie (MM. Becquerel et Chevreul,) c'est que, de même qu'une action lente est nécessaire pour qu'une cristallisation régulière se forme, de même une action lente est indispensable pour que le travail qui préside à ces formations ait le temps de les accomplir. Une action rapide produira, ou la destruction des organes et des hémorragies, ou des collections de sérosité simple ou sanguinolente, ou même des amas de pus, dans l'intérieur desquels nul mouvement organique ne sera d'abord sensible.

La seconde, qui est une conséquence de la première, c'est que l'accroissement de ces productions se fait par juxta-posi-

---

dral, tom. I, pag. 374. M. Chevreul, Dict. des sciences naturelles, art. *mucus*.)

tion ; les couches membraneuses s'ajouteront les unes aux autres et les unes sur les autres, si la membrane est aplatie ; si elle est repliée, au contraire, de manière à former un kyste, l'addition se fera en dedans d'une manière concentrique. L'extérieur de la membrane devient ainsi l'intérieur du kyste, ce dernier n'est que la membrane roulée sur elle-même. Une différence si légère dans la forme, en produit une plus sensible dans les résultats ; car, tandis que la membrane n'acquerra qu'une existence individuelle, bornée tout au plus à la production du système sanguin, le kyste devient souvent un organe dans l'intérieur duquel se déposent des liquides de nature et de consistance diverses ; il peut même constituer un être existant par lui-même, et devenir le premier degré de l'animalité (1).

La troisième règle concerne l'histogénie proprement dite.

Ce fut une erreur sans doute de l'ancienne anatomie de persévérer, comme elle le fit, dans la recherche d'une fibre ou d'un tissu élémentaire, dont tous les autres ne devaient être que des transformations. Mais, derrière cette idée, se trouvait la pensée profonde et vraie que des tissus, très-différents en apparence, ont au fond la même origine, et ne sont que le même élément soumis par la nature à des modifications diverses.

Ainsi disposé en aréoles ou en fibres, l'élément cellulaire constitue le système auquel il a donné son nom : en faisceaux, il forme le système fibreux ; roulé sur lui-même, de manière à former un sac fermé de toutes parts, c'est le système

(1) Entozoaires vésiculeux (MM. de Blainville, Laennec, Andral, Raspail), hydatides, acéphalocystes, etc.

séreux, etc. Ces divers systèmes ne sont que des transformations naturelles et normales d'un élément commun. Or, s'il est dans sa nature de subir ces diverses transformations, on voit comment des parties celluleuses, chez l'homme, pourront, comme le ligament cervical postérieur, devenir fibreuses chez certains animaux; comment des parties ligamenteuses, tel que le ligament stylo-hyoïdien, pourront se transformer en une chaîne osseuse; comment des parties cellulaires se convertiront en membranes séreuses, tandis que des séreuses du dernier ordre seront remplacées par du tissu cellulaire; etc.

On conçoit encore que les maladies, modifiant cet élément commun, comme le fait la nature dans l'état normal, des parties cellulaires deviendront fibreuses, cartilagineuses, osseuses, séreuses, etc. Toutes ces modifications d'un élément commun pourront se convertir les unes dans les autres, tout en restant néanmoins circonscrites dans ses propres limites; il en sera de même de l'élément nerveux et musculaire, chacun d'eux formera des systèmes analogues entre eux, quoique différents les uns à l'égard des autres. Enfin l'élément vasculaire ou sanguin intervient au milieu de ces divers systèmes comme condition indispensable à toute formation un peu avancée.

Ces systèmes analogues se transforment les uns dans les autres sans pour cela franchir leurs limites respectives. L'élément cellulaire ne revêtira, dans aucune circonstance, les caractères propres à l'élément nerveux ni à l'élément musculaire. Pareillement les éléments musculaire et nerveux ne présenteront pas de prime abord les conditions dévolues à l'élément cellulaire. Quelque variées que soient les produc-

tions accidentelles, vous les trouverez toujours circonscrites dans les spécialités qui leur sont réparties.

Le contraire se lit dans la plupart des ouvrages d'anatomie pathologique, on y trouve que tous les tissus commençant d'abord par être cellulaires, tous peuvent revêtir cette transformation. On y trouve aussi des exemples de la transformation celluleuse, fibreuse, cartilagineuse et même osseuse des systèmes nerveux et musculaire. Le fait est vrai, l'explication ne l'est pas : le système nerveux n'est celluleux à aucune des époques de sa formation. Selon nous, il ne pourrait donc offrir, dans aucune circonstance, les transformations spéciales de l'élément cellulaire. Or, on y observe incontestablement ces transformations : il faut donc que l'élément cellulaire y intervienne. Comment y intervient-il? Toujours d'une manière accidentelle. Une solution de continuité séparant brusquement la matière nerveuse de l'encéphale ou de la moelle épinière et des nerfs, une cicatrice vient réparer ce désordre (1). Cette cicatrice, d'abord cellulaire, peut devenir muqueuse si elle se remplit de pus ; elle peut devenir fibreuse, cartilagineuse et même osseuse; j'en ai vu et rapporté de toutes ces espèces. Mais on voit que, dans ces cas, que nous avons analysés avec le plus grand soin, l'élément nerveux reste étranger à ses diverses transformations : c'est le tissu cellulaire qui, survenant pathologiquement dans la matière nerveuse, devient la base et le siége de ces métamorphoses : il parcourt, là comme ailleurs, les évolutions qui lui sont propres et qui ne sont propres qu'à lui seul. Quant aux

(1) Voyez mon premier mémoire sur la guérison des paralysies par la cicatrisation du cerveau, 1819.

transformations de même nature, que l'on rencontre au pourtour de l'axe cérébro-spinal, elles ont leur siége dans le tissu cellulaire sous-arachnoïdien (1). La même chose pouvant survenir à l'élément musculaire, les mêmes productions peuvent s'y développer, quoique beaucoup plus rarement; mais elles ne pourront s'y manifester, et ne s'y manifesteront qu'après que l'élément cellulaire qui environne de toutes parts la fibre musculaire aura envahi cette fibre même. De cette spécialité de dégénération des tissus, il résulte que, dans un vaste foyer de suppuration, les nerfs et les muscles resteront intacts au milieu de la destruction ou de la conversion du tissu cellulaire.

On pourrait admettre dans l'histologie de notre Bichat une échelle des tissus, comme il existe une échelle des êtres dont les uns sont inférieurs aux autres. Dans cette échelle, les systèmes de l'élément cellulaire occuperaient le bas, ceux de l'élément musculaire le milieu, et ceux de l'élément nerveux le sommet. Or, de même que, par l'effet de la monstruosité, une espèce peut reculer, mais non avancer, de même, par l'effet des maladies, un tissu inférieur ne pourra parvenir à celui qui lui est supérieur, tandis que le supérieur pourra descendre vers l'inférieur.

Ainsi, quelque nombreuses et variées que soient les trans-

---

(1) J'ai trouvé sur un vieillard un anneau cartilagineux environnant le bulbe rachidien; cet anneau n'était que la transformation du tissu cellulaire sous-arachnoïdien, qui applique étroitement l'arachnoïde contre cette partie de la moelle épinière. Dans un autre cas, j'ai vu un tissu cellulaire fibreux unissant les cordons postérieurs de la moelle épinière, qui avaient été séparés.

formations celluleuses, vous n'y verrez intervenir, ni l'élément musculaire, ni l'élément nerveux, tandis que, d'après les conditions que nous venons d'établir, l'élément nerveux peut descendre et se transformer comme le tissu cellulaire.

L'étude des conditions d'après lesquelles les tissus analogues se transforment les uns dans les autres, est une des plus intéressantes comme des plus nouvelles de l'anatomie pathologique; on n'a encore bien constaté que celles du système cellulaire en système séreux, par l'effet du frottement (1). Je vais rapprocher les faits qui rendront aussi manifeste la conversion des membranes séreuses en membranes muqueuses.

On sait que la lame interne de la plèvre, du péritoine, du péricarde, peut s'épaissir, devenir tomenteuse, et revêtir certains caractères des membranes muqueuses. Mais, en signalant cette transformation, on n'a pas remarqué qu'elle s'opère constamment sous l'influence d'un épanchement de sérosité, de pus, de sang ou de tout autre liquide dont la présence paraît indispensable pour que cette transformation ait lieu. Plus le fluide épanché sera copieux et ancien, plus la partie muqueuse de la membrane sera développée accidentellement : cette condition paraît si nécessaire que, selon toutes les apparences, si vous pouviez mettre, pendant un certain temps, une membrane séreuse en contact permanent avec un liquide, vous la convertiriez en muqueuse.

Ce que vous ne pouvez, la nature le fait chez les raies, les squales, les lamproies, les saumons. Ces poissons ont aux côtés de l'anus deux ouvertures qui pénètrent dans

(1) MM. Villermé, Cruveillier, Andral, Breschet, Gendrin.

l'abdomen, et par où l'eau peut s'introduire; de sorte que la lame interne du péritoine se continuant avec l'épiderme, cette lame se convertit en véritable muqueuse(1). Deux autres trous étendant cette continuité jusque dans le péricarde, donnent à la lame interne de cette séreuse les mêmes caractères, et lui font subir naturellement la plupart des transformations dont est susceptible l'élément cellulaire.

Il y a donc corrélation intime entre la présence d'un fluide dans l'intérieur d'une membrane séreuse, et la conversion de cette membrane en membrane muqueuse: d'où il suit premièrement que les muqueuses accidentelles seront d'autant plus épaisses que le liquide sera plus abondant et le contact plus prolongé; secondement, que tout kyste, ou toute caverne environnant du pus ou du sang, aura bientôt sa face interne tomenteuse et veloutée comme le sont les membranes muqueuses. D'où il suit encore que toute surface en suppuration, que tout trajet fistuleux, donnant passage à un fluide, ou devenu le siége d'une sécrétion, prendra nécessairement et inévitablement la même disposition. Tous les faits connus, et que je m'abstiendrai de rapporter, confirment ces assertions. D'où il suit enfin que les membranes muqueuses normales plus humectées qu'elles ne doivent l'être, contracteront une épaisseur insolite sous l'influence des fluides avec lesquels elles resteront en contact (2). Or, l'irri-

(1) M. le baron Cuvier, Histoire des poissons, anatomie, tom. I. Le contact habituel de l'eau, me paraît être la cause de l'hypertrophie des lames épidermiques, chez les poissons et les crocodiles, les crabes, les écrevisses, etc.

(2) C'est l'effet que l'on remarque dans la muqueuse gastrique à la

tation des tissus ayant pour effet immédiat l'afflux des liquides, on voit donc comment et pourquoi ils s'épaississent et quelquefois se transforment sous cette influence, comme on l'observe particulièrement sur le poumon, le foie, la rate, etc., en outre des parties sur lesquelles nous venons de faire observer ce résultat.

Les conséquences pratiques de ce principe sont si faciles à déduire, que je m'abstiendrai présentement de le faire: je ferai remarquer néanmoins que ces tissus de nouvelle formation n'atteignent jamais le développement des tissus normaux dont ils se rapprochent. Ainsi la transformation osseuse produira des lames ou des granulations, mais jamais rien de comparable à un os. La transformation celluleuse des ci-

---

suite de certains squirres du pylore : c'est la cause de l'épaississement de la muqueuse vésicale, à la suite de la paralysie de la vessie, ou d'une rétention d'urine prolongée par toute autre cause; la cause de l'épaississement de la muqueuse du rectum et du gros intestin, quand une constipation habituelle nécessite l'usage fréquent des lavements; la cause de l'épaississement de la muqueuse de l'estomac et des intestins grêles, chez certains ivrognes, dont le vin fait la principale nourriture; la cause de l'épaississement de la membrane muqueuse de la vésicule du fiel, quand la bile y séjourne long-temps par suite d'une obstruction du canal cholédoque; la cause enfin de l'épaississement de la muqueuse bronchique, oculaire, vaginale et urétrale, à la suite des blennorrhagies, des ophthalmies purulentes, des asthmes humides et des catarrhes chroniques. Ce principe d'anatomie pathologique est l'expression de quelques centaines de corps dont j'ai examiné ces membranes, après qu'elles avaient été un temps plus ou moins long sous l'influence de cette cause. Je pense même que le sclrémèe des nouveau-nés a sa cause dans un état particulier des eaux de l'amnios; mais l'occasion m'a manqué pour vérifier le fait, qui doit s'étendre à la mère et à l'enfant.

catrices s'éloignera beaucoup de la disposition normale de ce tissu; les kystes séreux ne reproduiront ni un péricarde ni une plèvre; enfin les membranes muqueuses accidentelles ne s'élèveront, dans aucun cas, à la richesse d'organisation que l'on remarque, par exemple, dans la muqueuse intestinale. La maladie produit un avortement des tissus, comme la monstruosité produit un avortement des organes (1).

Article XVIII.

Des transformations organiques et pathologiques produites par le reculement des tissus et des organes.

Les recherches sur la nature des altérations dont l'organisation est susceptible, sont peu avancées (2). L'anatomie pa-

---

(1) Voyez sur les productions accidentelles, l'ouvrage de M. Cruveillier si remarquable pour l'époque où il a été publié; celui de M. Meckel; les travaux *ex-professo* de M. Villermé sur ces membranes; le traité des inflammations de M. Gendrin, et surtout l'ouvrage de M. Andral, dans lequel la science médicale est traitée avec cette hauteur de vues et de raisonnement qui rappellent souvent les belles pages de Morgagni.

(2) Pour déterminer la nature des altérations morbides, il est nécessaire d'apprécier celles qui sont le résultat de la cessation de la vie ou les altérations purement cadavériques. L'observation pathologique renferme trois époques : 1° celle des phénomènes qui constituent la maladie jusqu'au moment de la mort; 2° l'observation des conditions physiques dans lesquelles est placé le sujet après le décès afin d'apprécier les altérations cadavériques; 3° et la description des lésions organiques morbides. L'observation de la première et de la troisième époque laisse peu à désirer; la seconde est à peine ébauchée, je rendrai compte ailleurs des recherches

thologique, qui fait de ces altérations l'objet spécial de ses études, ne possède guère que des faits isolés et des descriptions individuelles; elle indique les changements survenus dans le volume et la forme des organes; les variations de leur densité et de leur couleur, etc., en prenant toujours et uniquement, pour terme de comparaison, la couleur, la densité, la forme et le volume des organes parvenus au terme de leur développement; elle dit ces états insolites ou anormaux, parce qu'ils le sont en effet, eu égard au terme unique des rapports qu'elle s'est donnés; pareillement la pathologie compare le trouble qu'elle observe dans l'action des organes, à leur action régulière, en choisissant pour cette comparaison le développement parfait de la fonction qui l'occupe. Il résulte de là que les maladies et les lésions organiques qui leur correspondent, sont considérées comme des états nouveaux survenus éventuellement dans l'organisation.

Mais ni la médecine, quand elle a saisi les caractères d'une maladie, ni l'anatomie pathologique, quand elle a lié ces caractères à la modification subie par les organes, n'ont ramené ces phénomènes à leur expression naturelle. Ce sont des faits qui ne sont ni expliqués ni déterminés, par la raison qu'ils n'ont, dans l'organisation arrivée à sa perfection, aucun terme de rapport qui leur soit comparable.

Quand nous disons qu'une partie est indurée, ramollie, épaissie, atrophiée ou hypertrophiée, elle ne l'est que relativement à l'état normal de cette même partie parvenue au

---

que j'ai faites sur ce dernier sujet il y a quelques années, recherches que des circonstances m'ont obligé de suspendre.

terme de ses développements : ce n'est qu'un rapport comparatif que nous exprimons, une différence d'être de cette partie et rien de plus. On conçoit que si, à une certaine époque, cette même partie se trouvait naturellement et normalement ramollie, indurée ou hypertrophiée, non seulement nous aurions un terme de rapport de plus, mais encore ce nouveau rapport nous donnerait l'explication ou la détermination du changement survenu dans l'organisation par l'effet de la maladie ; ce changement ne serait plus un état nouveau de l'organe, de la partie ou du tissu, mais bien son retour à un état ancien, primitif et naturel.

Or, c'est ce qui est et ce que montre la comparaison des états successifs que traverse l'organisation, en se développant, avec ceux qu'elle parcourt en sens inverse, en se dégradant sous l'influence des maladies. Considérées encore sous ce point de vue, l'organogénie et l'anatomie pathologique se répètent, se reproduisent et s'expliquent réciproquement. Il en est de la structure des organes comme de leur forme.

Dans un autre ouvrage (1), j'ai décrit avec soin les métamorphoses graduelles que subit la matière nerveuse de l'axe cérébro-spinal, avant d'arriver au degré de consistance que nous lui connaissons. Je l'ai montrée d'abord sous forme liquide, puis sous forme gélatineuse et comme diffluente ; j'ai montré ensuite les nuances diverses de ses ramollissements, tantôt d'un blanc laiteux et mat, tantôt d'un gris sale, d'autres fois d'un rouge marbré. J'ai fait remarquer encore comment cette matière gélatineuse, dans un premier degré de consistance, tapisse l'intérieur du quatrième ventricule;

(1) Anatomie comparée du cerveau, tome I^er^, 1^re^ partie.

et comment, dans un second, elle s'indure au point de se rapprocher de la consistance et de la transparence du cartilage, dans la bandelette des ventricules latéraux que l'on nomme *lame cornée.*

Pour que l'anatomie pathologique nous reproduise ces divers états, il faut que les maladies fassent perdre à cet axe nerveux sa consistance ordinaire; que les ramollissements qu'elles produisent soient gradués jusqu'à la diffluence laiteuse; que tantôt ils soient d'un gris sale, tantôt d'un blanc mat, et tantôt d'un rouge granité. Or, qui en doute présentement? qui n'a vu cent fois l'encéphale et la moelle épinière revenus à l'un ou à l'autre de ces états primitifs, à la suite des hémiplégies et des paraplégies? En se décomposant de cette manière, la matière nerveuse est donc descendue du point élevé où l'avaient placée les developpements, pour reculer jusques à l'un des points d'où elle était partie.

Pareillement, quiconque a ouvert des jeunes embryons, a remarqué sans doute qu'à un certain âge, la moelle épinière est enveloppée de liquide de toutes parts ; que, plus tard encore, elle est creusée d'un canal, et que ce canal est rempli par de la sérosité; qu'à la même époque aussi, la grande quantité de liquide qui distend les ventricules cérébraux, boursoufle, en quelque sorte, l'encéphale, et fait prédominer le volume du crâne sur celui de la face. Dans ces deux états de l'embryon, il y a, dans toute la rigueur des mots, hydropisie de la moelle épinière, et hydropisie des ventricules cérébraux? Or, en quoi consisteront ces deux maladies, dont la dernière est si fréquente chez les enfants? La moelle épinière de l'enfant sera-t-elle, comme celle de l'embryon, environnée de sérosité? (hydro-miellie externe.)

Trouvera-t-on, dans certains cas, un canal dans l'axe de ce cordon nerveux, et ce canal sera-t-il distendu par une collection de liquide séreux? (Hydro-miellie interne). L'anatomie pathologique a si souvent constaté et décrit ces divers états, elle a si bien établi que le résultat le plus constant de ces affections consiste dans cette accumulation insolite de liquide au pourtour ou dans la moelle épinière, que la médecine n'a point hésité à comprendre ces maladies au nombre des hydropisies: la moelle épinière de l'enfant rentre donc, par l'effet de ces maladies, dans les mêmes conditions qu'elle a déjà présentées à une certaine époque de la vie embryonnaire? L'hydropisie accidentelle de l'enfant est donc l'analogue de l'hydropisie naturelle de l'embryon. La nature de cette maladie consiste donc aussi dans le reculement de la moelle épinière de l'enfant vers une disposition qui constituait son état normal chez l'embryon.

Ouvrez les livres qui traitent de l'hydrocéphalie du premier âge, dégagez les faits de ces théories inflammatoires qui les dénaturent, de ces explications sur la compression des liquides, qui leur supposent le contraire de ce qu'ils renferment; ainsi réduits à leur simple expression, vous trouverez ce que déjà vous a montré l'embryogénie. Une sérosité abondante, distendant les ventricules latéraux du cerveau de l'enfant, formera le caractère dominant de la maladie, et lui donnera son nom. Le cerveau ainsi distendu accroîtra les dimensions du crâne et diminuera relativement celles de la face; les membres eux-mêmes, ainsi que le tronc, paraîtront comme atrophiés à côté de cette exubérance de l'encéphale. Ce sera des pieds à la tête la répétition de notre embryon; car, à sa période naturelle d'hydrocéphalie, lui aussi a les membres et

le tronc grêles et atrophiés, en comparaison de l'énormité de sa tête : chez l'un et l'autre, la carotide interne aura une dimension de beaucoup supérieure à la carotide externe. Chez l'enfant, de même que chez l'embryon, vous trouverez la pie-mère injectée, les vaisseaux accrus en nombre et en volume : causes et effets, tout se répétera dans les deux cas. A la différence d'âge près, ces deux cas seront donc analogues, l'un sera la reproduction fidèle de l'autre, l'enfant sera devenu embryon; l'adulte aussi peut, sous ce rapport, reculer jusqu'à son premier âge; l'apoplexie séreuse de l'âge mûr ou de la vieillesse n'est qu'un retour de la pie-mère à l'organisation qu'elle avait pendant la formation de l'encéphale. A l'injection de la pie-mère succédera l'épanchement de sérosité qui remplira les ventricules ou les anfractuosités cérébrales; la matière nerveuse elle-même perdant sa consistance normale, présentera le premier degré de son ramollissement; en un mot, le cerveau reculera vers l'organisation des premiers âges, et ce reculement, en outre de ce qui précède, sera annoncé, comme chez l'embryon, par l'affaissement et quelquefois par la disparition des circonvolutions cérébrales; car il est à remarquer que, chez le fœtus, les circonvolutions commencent à se dessiner au moment où l'encéphale perd la mollesse qu'il a eue jusqu'à cette époque, pour acquérir la consistance qu'il doit avoir; or, à mesure que les diverses parties du cerveau acquièrent la densité qui leur est propre, à mesure aussi on voit se prononcer les circonvolutions qui leur correspondent. Cela étant, on voit donc que lorsque, chez l'enfant, l'adulte et le vieillard, le cerveau perdra de sa consistance normale par l'effet des maladies, la saillie des circonvolutions devra s'en ressentir, et

s'en ressentira en raison directe du degré de ramollissement de la matière nerveuse. Le retour des mêmes causes, naturelles ou morbides, produira des effets absolument semblables chez le fœtus, l'enfant, l'âge mûr, ou la vieillesse. Dans son induration, au contraire, la matière nerveuse de l'encéphale augmentant de densité, les circonvolutions deviendront plus saillantes et leurs anfractuosités plus profondes. Tous ces effets, dont la répétition est si constante, se suivent, se correspondent et s'expliquent mutuellement; il ne s'agit que de les comparer et de les interpréter.

L'induration, comme le ramollissement, offre, à la suite des maladies, des degrés très-divers; la densité insolite qu'acquiert alors la matière nerveuse, aura son représentant, soit dans la densité normale que présente la moelle épinière peu de temps après la naissance, et dont l'olive conserve le type dans tous les âges, soit dans celle du quatrième ventricule et de la protubérance annulaire, soit enfin dans le *tuber cinereum* ou la lame cornée; ce dernier état est celui que quelques auteurs ont décrit sous le nom de transformation cartilagineuse du cerveau. Mais, nous l'avons déjà dit dans toutes les transformations possibles, le système nerveux ne répète que lui-même, soit en reproduisant une disposition organique qui lui était naturelle à une certaine époque, soit en acquérant accidentellement la densité normale de quelques-unes de ses parties (1).

---

(1) J'ai observé dernièrement, avec mon prosecteur, M. le d[r] Manec, la transformation de tous les nerfs de la vie animale en ganglions, analogues, par tous leurs caractères anatomiques, aux ganglions du grand

Quoique l'anatomie pathologique du système musculaire ait beaucoup moins occupé les médecins que celle du système nerveux, on le trouve dans son reculement assujetti aux mêmes règles que ce dernier. Chez les vieillards et chez les paralytiques anciens, la fibre musculaire se décolore, elle perd de sa densité et de sa cohésion, elle se rapproche de celle des muscles de la vie organique, qui ne sont eux-mêmes que la persistance embryonnaire de ce tissu. Chez l'embryon, la fibre musculaire est abreuvée de sérosité jusqu'au septième et huitième mois de sa formation, en reculant vers cet état dans les diverses leucophlegmasies, et chez certains scrophuleux, elle s'imbibe de la même manière, surtout si le cœur partage cette disposition.

Le parallèle de la structure et de la forme du cœur, aux divers âges de l'embryon, avec la structure et la forme que reprend cet organe dans les divers anévrismes, offre une répétition si frappante, que l'on peut dire que, dans les deux tiers de sa formation, le cœur du fœtus est anévrismatique. Il remplit d'abord la capacité de la poitrine, tant ses dimensions sont démesurées. Ses fibres sont alors peu colorées et ramollies. A mesure que la fibre se colore, que sa densité s'accroît, le cœur prend peu à peu le volume et les proportions qu'il présente à sa naissance : si la densité est accrue, le cœur se rétrécit; il s'amoindrit en durcissant : si la fibre

---

sympathique. Ce fait d'anatomie pathologique confirme les idées que j'ai émises dans mon ouvrage sur la composition et les rapports du système nerveux des animaux articulés; je le publierai, avec les dessins, dans mon travail sur les maladies du système nerveux, dont sept planches sont déjà gravées.

musculaire persiste dans sa laxité primitive, le cœur reste au contraire dilaté ou anévrismatique. Ces effets se montrent sur tout l'organe, si tout l'organe participe à ces états de la fibre musculaire; il se borne à l'un ou l'autre des ventricules, si l'un ou l'autre en sont spécialement le siége; ce qui donne à ces cavités des capacités différentes.

Or, il est remarquable que, dans les anévrismes, le cœur reprend exactement les formes qu'il a déjà eues chez l'embryon; il est plus remarquable encore que ce retour à ses formes primitives coïncide avec un retour à la structure de la fibre musculaire dans ces premiers âges. L'anévrisme passif est caractérisé par un ramollissement, et souvent aussi par une décoloration du tissu du cœur : ses cavités sont alors dilatées comme chez l'embryon, à l'époque où la fibre musculaire présente cette structure (1). Dans l'anévrisme actif, au contraire (concentrique de MM. Bertin et Bouillaud), la fibre musculaire, devenue plus dense, rétrécit les cavités comme chez le fœtus : tout l'organe ou une de ses parties peuvent être anévrismés de cette manière, selon que la totalité des fibres, ou seulement une partie, seront ainsi revenues sur elles-mêmes. Causes et effets, tout encore se reproduit chez l'embryon, et par les maladies; les anévrismes naturels de l'embryon sont les mêmes que les anévrismes

(1) Dans l'anévrisme passif, le reculement de la fibre musculaire ne se borne pas au cœur, il s'étend plus ou moins à tout ce système, d'où la coïncidence remarquable, quoique non encore remarquée, des affections rhumatismales avec les dilatations passives du cœur, ou la tendance à ces dilatations. Ce caractère m'a souvent servi, ou à les diagnostiquer à *priori*, ou mieux encore à les prévenir.

accidentels de l'homme adulte, ou plutôt ces derniers répètent les premiers.

Le reculement du foie, ou son retour vers ses dimensions embryonnaires, est le caractère le plus marqué de l'hypertrophie si commune de cet organe. Nous avons déjà vu que l'atrophie de son lobe gauche lui fait perdre, chez l'embryon, le volume énorme qu'il conserve jusqu'au quatrième et cinquième mois. Or, quand, chez l'adulte, il tend à revenir à cet état primitif, c'est principalement le lobe gauche qui se gonfle, qui s'avance dans l'hypocondre du même côté, et donne de nouveau à l'abdomen la disposition de celui de l'embryon. Le reculement du cœur et du foie se correspond très-souvent dans les maladies de l'adulte, par la raison que l'hypertrophie de ces deux organes se correspond toujours chez l'embryon. Or, dans cette période de la vie embryonnaire, les poumons et les intestins sont développés, en raison inverse du cœur et du foie; et de là vient encore que, dans les hypertrophies de ces derniers organes chez l'adulte, les intestins et les poumons s'amoindrissent et s'affaiblissent dans leur action. Ce résultat maladif pour l'homme est néanmoins un des efforts de la nature pour rétablir entre les organes l'équilibre qui a été rompu.

On voit donc que les changements introduits par les maladies dans la structure et la disposition des organes et des tissus, ont pour effet de ramener les tissus et les organes à des conditions analogues à celles qu'ils ont eues naturellement, ou dans le cours de la vie embryonnaire, ou dans la première enfance. Les maladies sont l'avant-coureur ou les compagnes de ce retour de l'organisation sur elle-même. Ce

résultat me paraît incontestable pour les maladies organiques et chroniques.

On a déjà vu ce que produisent les maladies aiguës; mais toutes n'ont pas cette terminaison : comme les maladies chroniques, souvent elles se bornent aux altérations de tissu des parties, et, comme elles aussi, elles font descendre les organes du point élevé où ils étaient parvenus, en les ramenant à l'une de leurs périodes primitives. J'en citerai quelques exemples.

Depuis notre ouvrage sur la fièvre entéro-mésentérique (1), on sait toute l'influence qu'exercent, dans ce genre de maladies aiguës, les altérations de la muqueuse gastro-intestinale : une des plus remarquables est celle de son ramollissement. Ce ramollissement a plusieurs degrés : depuis la diminution simple de cohésion de son tissu jusqu'à la diffluence qui précède son ulcération, et quelquefois la perforation du conduit alimentaire. Or, en remontant la vie humaine, vous retrouverez ce défaut de cohésion chez les nouveau-nés; et, en vous élevant encore dans la vie utérine, vous observerez toutes les nuances possibles de ramollissement de l'estomac et des intestins, jusqu'à la diffluence qu'il offre dans le cours du deuxième mois. Plusieurs organes sont dans le même cas. Les malades qui succombent à la variole confluente, vous offriront la cornée transparente, certaines parties de l'épiderme, le poumon, le tissu du cœur, celui du foie et de la rate, revenus à cette laxité molle qui forme passagèrement leur structure dans le cours de leurs

(1) Traité de la fièvre entéro-mésentérique, par MM. Petit et Serres, 1831.

formations. La gravité de cette maladie dépend même en partie de cette tendance au ramollissement des principaux organes.

L'induration aiguë du poumon, à la suite des pneumonies, n'est guère moins variée que le ramollissement de ces parties; elle offre, d'une part, ce reculement de structure, qui ramène son tissu à la structure qu'il a déjà eue naturellement chez l'embryon; et d'autre part, ces modifications de structure, en changeant la nature de l'organe, le rapprochent de la structure normale d'autres organes, tels que le foie et la rate. Ce double rapport est si frappant, il exprime d'une manière si nette et si positive les principes d'anatomie pathologique que nous exposons, que nous terminerons par lui les développements que nous pouvons lui donner dans ce travail.

Primitivement le foie, la rate et les poumons ont une consistance gélatineuse et une couleur grise; ils sont transparents, d'une manière peu différente de l'humeur vitrée; cette transparence se perd quand des capillaires nombreux se manifestent dans cette gelée, qui alors augmente de consistance sur ces trois organes. Le tissu du poumon est alors mou, flasque, et d'un rouge brun, comme nous le montre si fréquemment le ramollissement qui survient, chez les vieillards, à la suite des péripneumonies. Dans un degré plus avancé, et vers le troisième et le quatrième mois de l'embryon, le poumon est d'abord analogue au tissu de la rate par sa consistance; puis il se rapproche de celui du foie, par sa rougeur, sa dureté, et une espèce de friabilité qui donne un bruit sous la lame du scalpel. A partir de la fin du quatrième mois, cette induration s'arrête; elle fait place

à une aréolité qui se développe sur toute l'étendue du poumon, et qui se développe sous l'influence d'une diminution très-sensible dans la quantité du sang qu'il recevait jusque-là. Dès cet instant aussi, toute analogie cesse entre la structure de la rate, du foie et celle du poumon. La différence qui s'établit entre les trois tissus dépend tellement de la surabondance du sang dans les deux premiers, et dans l'exsanguité des poumons, qu'en lavant le foie et la rate vous leur rendez la consistance et la couleur du tissu du poumon; vous les rendez exsangues comme lui.

Si vous pouviez faire l'expérience contraire, si vous pouviez rendre au poumon de l'adulte la quantité de sang que lui ont fait perdre les développements, d'une part, vous le ramèneriez au degré de structure qui le caractérisait chez le jeune embryon, et de l'autre, vous lui rendriez les conditions de texture qui le rapprochaient, à cette époque, de la texture du foie et de la rate. Or, ce que vous ne pouvez, les maladies le font; les péripneumonies aiguës, en congestionnant le poumon, font affluer le sang dans son tissu; par cet afflux l'organe rentre dans ses conditions primitives, sa structure devient de nouveau analogue à la structure de la rate et à celle du foie. Il y a, dans toute la rigueur des mots, *splénisation* et *hépatisation* de l'organe pulmonaire. Mais, nous ne saurions trop le répéter, cette transformation acquise et cette analogie organique ne sont qu'un retour de l'organe sur lui-même; le poumon revient ce qu'il a été, et il y revient par des causes semblables.

Le ramollissement de l'organe pulmonaire, son induration grise, son hépatisation, sa splénisation, que les cadavres nous montrent tous les jours par suite des péripneu-

monies, ne sont donc qu'un retour de la structure des poumons vers la structure qui leur était naturelle et normale à une des périodes de la vie embryonnaire.

Enfin il n'est pas jusqu'à la destruction complète des parties, par les maladies, qui n'ait souvent son analogue dans une destruction semblable opérée par les développements. J'en citerai un seul exemple.

J'ai dit ailleurs que l'un des effets généraux des maladies du cœur était l'hypertrophie du tissu cellulaire, tandis que l'atrophie de ce tissu est le caractère le plus général et le plus constant que l'on remarque chez les phthisiques de tous les âges, (tubercules pulmonaires). Cet effet a pour résultat l'amincissement des membranes, dont ce système forme la trame, et de la plèvre en particulier. Libre, cet effet est peu sensible; mais peu de temps après qu'un poumon est devenu adhérent aux parois de la poitrine, la plèvre est usée, amincie et absorbée; vous n'en trouvez plus de vestige au pourtour et dans toute l'étendue de ces adhérences. Cet état, le plus insolite que puisse atteindre une membrane séreuse, n'a pas de représentant chez l'embryon de l'homme; il faut reculer jusque chez les oiseaux pour voir disparaître normalement et naturellement une partie si indispensable de notre organe respiratoire.

Dans cette classe, en effet, et vers le huitièmejour de l'incubation, le poumon proprement dit se trouve environné de larges vésicules, les plèvres sont entre lui et les côtes; du côté du cœur et de l'abdomen, sont les sacs aérifères qui multiplient les réservoirs de l'air. Dans l'état ordinaire, ces sacs en se développant, refoulent le poumon contre les côtes, et aplatissent d'abord les plèvres, puis celles-ci s'amincissent, puis

enfin elles disparaissent complètement, comme chez les phthisiques. Dans certains cas pathologiques, j'ai vu, au contraire, les plèvres conservées et les sacs atrophiés; d'où il résulte que notre état normal constitue une maladie, et à ce qu'il m'a paru, une maladie mortelle chez les oiseaux; tandis que leur état naturel correspond à l'une des maladies les plus graves dont l'homme puisse être atteint. Ce contraste, qui s'observe fréquemment dans l'organisation des animaux, comparée à celle de l'homme, est un des problèmes les plus curieux de la physiologie comparative.

En résumé, la structure des organes est modifiée par les maladies, comme l'est leur forme par la monstruosité.

Ces modifications opèrent ou des transformations dans les tissus et les organes, ou donnent naissance à des productions organiques nouvelles.

Les productions nouvelles répètent des tissus déjà existants, comme la monstruosité par excès reproduit des organisations déja acquises.

Les transformations organiques ramènent, au contraire, les tissus et les organes des conditions élevées, où les avaient placés les développements, vers d'autres conditions plus descendues qui leur étaient naturelles dans le cours de la vie embryonnaire.

Ces deux sources principales des maladies organiques ne sont donc qu'une répétion insolite d'un travail familier à la nature, qu'un reculement des organes et des tissus par un retour de l'organisation sur elle-même.

Article XIX.

Étiologie générale des déformations organiques et des monstruosités.

L'organisation des vertébrés est ce que la fait le système sanguin. Tous les organismes se répètent, se coordonnent et s'accordent, parce que, dans tous, le système sanguin est le mobile commun qui les fait agir. La vie n'est qu'au prix de cet accord et de cette harmonie, avant comme après la naissance.

La formation du système sanguin doit donc être l'image de toutes les autres formations organiques, il doit être soumis aux mêmes lois, aux mêmes règles. Ce n'est qu'à ce prix encore que les développements sont possibles, et se font.

Tous les organismes se développant de la circonférence au centre, c'est dans ce sens, et dans ce sens uniquement que le système sanguin peut et doit se développer; c'est aussi de cette manière qu'il se développe (1).

Tous les organismes étant primitivement doubles, le système sanguin doit être double comme eux. C'est pourquoi il y a deux aortes, deux spinales antérieures, deux basilaires, deux artères ombilicales, deux veines quand l'atlantoïde existe, deux caves supérieure et inférieure (2).

---

(1) Voyez Anatomie transcendante, troisième Mémoire; Loi centripète du système sanguin, pages 12 et suivantes, jusqu'à la page 58.

(2) Anat. trans., quatrième Mém.; Loi de symétrie et de conjugaison du système sanguin. Les formations de ce système sont suivies de jour

La dualité des organismes n'est même que la conséquence de la dualité du système sanguin, comme je l'ai fait voir dans le double développement du rachis, du crâne, de l'hyoïde, du sternum ; dans la dualité primitive de la moelle épinière, du cervelet, des hémisphères cérébraux et de toutes leurs dépendances ; dans les deux dentitions, qui se succèdent à des intervalles si éloignés l'un de l'autre.

L'indépendance primitive des organismes qui résulte de ce qui précède, ne saurait également exister sans la formation indépendante du système sanguin ; de même que leurs relations et leurs consensus commun ne pourraient s'établir plus tard, si les systèmes sanguins, d'abord isolés, ne se mettaient en rapport les uns avec les autres. C'est pourquoi encore les vaisseaux se forment en place, puis ils envoient des branches aux branches voisines, de telle sorte que de proche en proche, il se forme un tronc commun, qui est l'aorte où tout vient aboutir et s'implanter (1).

L'idée des préexistences organiques, celle que tous les organismes se forment simultanément, enfin la loi du développement centrifuge, qui servait de lien à toutes ces suppositions, ont dû inévitablement détourner les esprits de cette interprétation des faits.

---

en jour, comme je l'ai fait pour le système osseux dans les lois de l'ostéogénie, pour le système nerveux, dans l'Anatomie comparative de l'encéphale.

(1) C'est aussi de la même manière que se développent les vaisseaux dans les membranes accidentelles, les kystes et toutes les productions nouvelles développées sous l'influence des maladies. La manifestation des vaisseaux sur la membrane ombilicale, est le type de toutes ces productions.

Mais, inévitablement aussi, l'étude des formations organiques, normales, anormales et pathologiques devait les y ramener. On ne pouvait assister à ce vaste travail de la nature, sans remarquer la part active qu'y prend le système sanguin, et cette part une fois reconnue, il était difficile de méconnaître que toutes les variations des organismes, leur défectuosité comme leur absence, comme leur duplicité, se répétaient par des variations, des absences, des défectuosités ou des duplicités du système sanguin. Les unes étant la suite nécessaire des autres, ce système devenait ainsi le représentant commun et permanent de l'état de l'organisation.

Ainsi l'inégalité de développement des diverses parties de l'encéphale chez l'embryon, coïncide exactement avec l'inégalité du calibre des artères qui se distribuent à chacune de ses parties. Ainsi l'inégalité de développement des quatre cavités qui forment l'estomac des ruminants, coïncident chez leurs embryons avec la diversité de volume des artères qui se distribuent à chacune d'elles. Ainsi, chez l'embryon de l'homme, les artères mésentériques supérieures dépassent d'abord en capacité la mésentérique inférieure, et de là vient que les petits intestins dépassent en volume les plus gros. Il en est de même du volume relatif du cœur et des poumons; du volume relatif des deux grands lobes qui constituent le foie.

Ce rapport du système sanguin avec l'état des parties est surtout sensible dans les organes temporaires. Le champ où se développe le poulet est environné, jusqu'au quatrième jour de l'incubation, du plus beau réseau vasculaire que la nature puisse offrir; mais, à partir de cet instant, ce réseau

se décompose, il s'atrophie de proche en proche, et dans l'espace de quelques jours, la mort le dessèche et le frappe dans le même ordre que la vie l'a développé. Cet organe étant tout composé de vaisseaux, il est difficile de rechercher ailleurs la cause de cette décomposition. La composition et la décomposition de cet organe s'effectuant avec une rapidité surprenante, il était difficile aussi de laisser échapper l'intime liaison qui existe entre le système sanguin et les états divers de cette membrane.

Les organes temporaires de l'homme sont loin sans doute de présenter une croissance et une décroissance si rapide. Mais que fait le temps dans la manifestation d'un phénomène? Le thymus, les capsules surrénales et les dents mettent des années à opérer un mouvement qui s'exécute en quelques jours chez les oiseaux; mais au fond, le mécanisme de leur accroissement, de leur décroissement et de leur disparition, est le même que celui de la membrane ombilicale. Les artères thymiques, dentaires, celles des capsules surrénales, sont portées au maximum de leur calibre à l'époque du plus grand développement de ces organes; puis elles diminuent, puis elles s'atrophient, puis elles disparaissent enfin, à mesure que ces parties se réduisent, s'atrophient et cessent d'exister.

En suivant attentivement ces divers mouvements, on trouve la raison de la loi du balancement des organes de M. Geoffroi Saint-Hilaire. Ainsi, par exemple, lors du plus grand développement du thymus, les poumons et les artères pulmonaires sont très-réduits dans leur volume; mais, à mesure que les poumons et les artères grandissent, le thymus et les artères diminuent : les uns gagnent ce que les autres perdent.

Ici encore, ce mouvement est très-lent chez l'homme ; mais, chez les reptiles, il est aussi sensible que celui de la membrane ombilicale des oiseaux. Ainsi, quand chez ces animaux, les branchies, leurs artères et la circulation branchiale sont portées au maximum de leur développement, les artères pulmonaires et les poumons sont presque imperceptibles ; puis, à mesure que les poumons et ses artères grandissent, les branchies et ses vaisseaux diminuent. Ce mouvement inverse se continue jusqu'à ce qu'enfin les branchies disparaissent avec leurs vaisseaux, et qu'elles soient remplacées par les poumons, dont l'artère acquiert alors son plus grand diamètre possible (1).

Le rapport proportionnel entre le développement des vaisseaux et des organes est donc un fait incontestable (2). La

(1) MM. le baron Cuvier, Rusconi, Martin-St.-Ange, etc. Dans ce parallèle entre les organes respiratoires des reptiles et de l'homme, je n'ai nullement l'intention de comparer le thymus aux branchies. Ce sont des organes tout-à-fait différents, quoi qu'en aient dit quelques anatomistes. Cette différence serait incontestable, s'il était vrai que l'embryon des mammifères et celui des oiseaux fût pourvu d'un appareil branchial, comme le pense M. Rathké. J'ai en vain cherché cet appareil depuis la publication du travail de ce célèbre anatomiste ; les plicatures qu'il a représentées m'ont paru appartenir au développement de l'appareil hyoïdien.

(2) Si par la nature de ses fonctions un organe était susceptible de s'atrophier et de s'hypertrophier alternativement, et si en même temps son artère, ou ses artères, éprouvaient dans leur calibre une croissance ou une décroissance proportionnelle, on aurait ce me semble la preuve manifeste du rapport que nous exposons. Or c'est justement le cas de l'utérus pendant ou hors la grossesse ; dans ce dernier état l'artère utérine est d'un calibre médiocre, dans le premier et surtout du septième au huitième mois de conception, le calibre de l'artère acquiert quelquefois le double de son

chirurgie a depuis long-temps saisi ce rapport; depuis long-temps aussi, elle en a fait l'application sur l'homme. En comprimant un organe, elle n'ignore pas qu'elle parvient à l'atrophier, et, de plus, elle sait fort bien que cette atrophie s'opère en amortissant la circulation. La circulation amortie dans l'organe, son vaisseau principal diminue de volume; il y a corrélation intime entre le décroissement de l'un et de l'autre.

Cette réciprocité est si connue que, plus hardie dans ses procédés, la chirurgie porte quelquefois ses moyens sur l'artère, afin d'agir sur l'organe; elle la comprime ou en fait la ligature, et, par ce nouveau procédé, elle opère aussi efficacement l'atrophie de l'organe que si elle le comprimait directement.

Ainsi, soit que la chirurgie agisse directement, ou sur un organe, ou sur son artère, elle atteint immanquablement son but; elle atrophie ou anéantit complètement l'organe vers lequel elle dirige ses moyens.

Cela posé, est-il besoin de dire que l'art, par ses procédés, n'a fait qu'imiter la nature, et répéter ce qui tous les jours se produit dans les formations organiques régulières, irrégulières ou pathologiques? Si, dans le cours de la vie em-

---

volume. Cet effet est constant: après l'accouchement, l'artère diminue dans le même rapport que l'utérus, sinon il survient une péritonite puerpérale.

Ce rapport naturel de l'état de l'artère à celui de son organe, se reproduit dans toutes les maladies organiques chroniques; si la partie qui en est le siége s'atrophie, l'artère décroît; si elle est hyperthrophiée, l'artère augmente. Ce principe est un des plus généraux et des plus constants de l'anatomie pathologique.

bryonnaire, un organe se trouve comprimé, cette compression gênant son développement, l'artère qui s'y distribue s'arrête au même point que l'organe. Si, par contre, la compression est portée sur l'artère, ou si par une autre cause son calibre se trouve diminué, l'arrêt de développement du vaisseau réagit sur l'organe, et celui-ci s'atrophie et s'arrête à une des périodes de sa formation. Enfin, si l'artère manque ou s'oblitère complètement, l'organe est anéanti, comme il peut l'être en chirurgie par la ligature du vaisseau.

Le défaut de développement s'opère donc, ou par l'organe, ou par ses artères. Le premier se manifeste quand, dans la période de formation, un organe se trouve arrêté ou anéanti. Le second survient quand un organe s'est mis en relation avec les autres par ses artères, et que celles-ci, au lieu de s'accroître, restent au point où elles étaient au moment de leur jonction. Dans les premiers cas, c'est un arrêt de formation; dans les seconds, c'est un arrêt de développement; mais, dans tous, l'état du système sanguin correspond exactement à la disposition des organes (1).

On voit donc comment les conditions d'existence des organes sont liées aux conditions d'existence du système sanguin; comment les monstres privés d'artères brachiales et fémo-

(1) Je n'ai pas besoin de prévenir que, pour l'intelligence de ces rapports, il faut admettre que les artères, de même que les nerfs, se forment d'abord dans les organes, puis se mettent en communication avec les parties centrales de ces deux systèmes, toujours conformément à la loi du développement excentrique. (Voyez Anat. comp. du cerveau. Anat. trans. quatrième Mém.)

rales, sont dépourvus de membres supérieurs et inférieurs; et pourquoi, dans cet état, ils reproduisent sous ce rapport les reptiles bipèdes et bimanes.

On voit encore comment et pourquoi, dans les diverses anencéphalies, les carotides internes et vertébrales étant réduites dans leur calibre, l'encéphale se trouve descendu, tandis que la face est demeurée intacte, la carotide externe ayant conservé ses dimensions.

Pourquoi, chez les microcéphales, l'atrésie de la carotide externe, suivant celle des artères encéphaliques, toute la tête se trouve réduite et atrophiée.

Comment, chez les acéphales, l'absence complète de la tête coïncide avec l'absence de la crosse de l'aorte. Tous ces faits se suivent, se lient les uns aux autres.

Mais l'absence de la crosse de l'aorte est elle-même subordonnée à l'absence du cœur: d'où il résulte encore que l'acéphalie est une suite, presque nécessaire, de la privation de l'organe central de la circulation; les poumons eux-mêmes ne se développent chez un être simple, que sous l'influence du cœur: d'où l'on voit que, par le seul fait de l'absence de cet organe, l'enfant se trouve privé de ses poumons et de sa tête.

La dégradation de l'enfant suit donc pas à pas la dégradation de son système sanguin; et comme, dans l'organisation élevée qui le constitue dans l'état normal, les principaux organes s'appuient les uns sur les autres, la privation de l'un entraîne la chute de l'autre. Le défaut de tête suit le défaut de cœur.

Mais l'enchaînement des parties ne se borne pas là; le cœur n'est pas un organe existant par lui-même, et indé-

pendant du reste de l'organisation. Il n'est pas, comme on l'a cru si long-temps, le *primùm vivens*. Son existence est à son tour subordonnée à celle du foie; tout monstre privé de cœur est aussi nécessairement privé d'organe hépatique que de poumon et de tête; tous les acéphales en attestent. Or, comme le foie ne se développe que sous l'action de la veine ombilicale, il en résulte, comme conséquence définitive, que la privation de cette veine entraîne la privation du foie, le manque de foie entraîne le manque de cœur, le cœur, le manque de poumon et de tête. Quels résultats pour une cause si minime en apparence !

Voilà donc toutes les aberrations des organes sus-diaphragmatiques soumises aux aberrations du foie et de la veine ombilicale; et remarquez qu'au milieu de ces désordres, qui emportent plus de la moitié de l'organisation, les organes sous-diaphragmatiques restent, à l'exception de l'estomac et de la rate, qui sont sous la dépendance du foie et de son artère.

C'est que les parties sous-diaphragmatiques sont étrangères à la veine ombilicale et au foie, développées au contraire sous l'influence des artères du cordon, leurs aberrations sont liées à celles de ces artères; tout le train inférieur de l'enfant, à partir de l'ombilic, se trouve en quelque sorte sous la dépendance de ces deux vaisseaux, comme le train supérieur sous celle de la veine ombilicale et du foie.

De cette différence d'origine, naissent quelques modifications dans la manifestation des monstruosités sous-diaphragmatiques.

En premier lieu, comme nul organe de l'importance du foie et du cœur ne se rencontre sur le trajet des artères

ombilicales, les aberrations sous-diaphragmatiques sont moins sous la dépendance les unes des autres que les précédentes. L'absence du rein, de la vessie, de la matrice ou du colon, n'entraîne pas, après elle, des suites comparables à celles de la privation du cœur et du foie; leur sphère est beaucoup plus limitée.

En second lieu, cette indépendance ou ce défaut de subordination rend plus facile leur développement, sans que de graves désordres en résultent; le testicule et le rein nous en offrent des exemples journaliers.

Ce dernier surtout est l'organe le plus errant de l'économie; il se place au-devant de l'aorte, remonte ou descend dans le bassin, sans que ses fonctions en paraissent autrement dérangées. Toujours son artère le suit; ce qui prouve que les artères se forment d'abord dans les parties, et qu'elles se mettent ensuite en communication avec les troncs les plus voisins. Ainsi, dans ces divers déplacements, on voit l'artère rénale ou au-devant de l'aorte, ou au point de sa bifurcation, ou sur l'une des iliaques; on l'a même rencontrée sur une des hypogastriques. Nul autre organe ne jouit de ce privilége; car, à cause de son mode de développement, l'artère du testicule reste toujours à la même place, soit qu'il descende dans le scrotum, soit qu'il reste dans l'abdomen.

En troisième lieu, si ces monstruosité sont moins subordonnées entre elles, leur corrélation avec l'état du système sanguin en devient plus manisfeste, et par conséquent plus saisissable. Ainsi l'on voit évidemment comment l'absence des artères rénales, utérines et vésicales entraîne l'absence des reins, de la vessie et de l'utérus. On voit aussi comment,

de l'absence ou de l'atrophie de l'artère mésentérique inférieure dérivent ou l'absence du colon, ou la déformation de sa partie terminale.

L'appréciation de ces monstruosités en devient aussi plus facile; ainsi la chute fréquente du rein dans le bassin reproduit évidemment la position de cet organe chez les oiseaux. Son imperfection reproduit celle du rein des mammifères. Il en est de même de la prostate, de même de l'utérus.

L'imperfection du rectum en s'abouchant soit avec la vessie, soit avec son col et l'entrée de l'urètre, tend évidemment à reproduire ou l'organisation des oiseaux, ou celle des monotrèmes. Or, on sait que chez les monotrèmes et les oiseaux, l'artère mésentérique inférieure est presque anéantie. La même cause chez les monstres tend donc à reproduire des effets semblables.

Finalement, et de proche en proche, on parvient à rattacher ces aberrations aux aberrations trop peu observées des artères ombilicales.

En montrant ailleurs (1) par quel mécanisme admirable les branches de ces artères vont former l'aorte abdominale et les iliaques, j'ai cherché à remonter, autant qu'il nous est possible en anatomie, à la source de ces rapports. Or en suivant attentivement cette formation, on trouve, chez les jeunes embryons, que toutes les artères du bassin sont des embranchements des ombilicales. On voit successivement arriver, ou se détacher de ces artères, les fessières, les sacrées latérales, l'obturatrice, et l'ilio-lombaire ; puis les

(1) Anatomie transcendante, troisième et quatrième Mémoire.

ischiatiques, l'hémorrhoïdale, les utérines, les vaginales, les honteuses et les vésicales. Ces artères sont d'abord isolées et distinctes les unes des autres comme le sont les intercostales; elles se réunissent ensuite, les unes en avant, les autres en arrière, de manière à former les branches antérieures et postérieures de l'hypogastrique.

Ce mode de formation rend donc compte, d'une part, de l'indépendance des développements; elle explique, de l'autre, comment les imperfections des artères ombilicales entraînent celles du bassin et de ses organes; soit lorsque, comme dans l'exemple rapporté par Littre, les deux artères sont réunies en une seule, implantée alors au devant de l'aorte; soit lorsque, comme dans celui de Wriberg, leur exiguïté est telle, qu'il devient difficile de les reconnaître. De là à leur atrophie complète, il n'y a qu'un pas, et on conçoit alors comment tout le bassin et ses annexes pourraient disparaître.

De l'inégalité de développement des deux moitiés du corps.

Mais la disparition des organes va rarement jusque-là; le plus souvent une seule des ombilicales vient à manquer, et dans ce cas, toute une moitié du bassin avec son membre disparaît. Dans un exemple de ce genre, j'ai trouvé tous les organes de l'autre demi-bassin atrophiés, évidemment par la raison que leur développement ne s'était opéré que sous l'influence de la moitié des artères qui leur sont nécessaires. Dans un autre, rapporté par M. le professeur Herholdt, non-seulement le membre inférieur manquait du côté où l'ombilicale ne s'était pas formée, mais de plus

l'os coxal de ce côté avait disparu, et la moitié correspondante du sacrum ne s'était pas développée. Dans les deux cas la moitié des muscles abdominaux manquaient évidemment à cause de l'absence de l'artère épigastrique et de l'ilio-lombaire. Dans les deux cas aussi c'était le côté gauche qui avait été frappé de mort.

Pourquoi ce côté de préférence à l'autre? suivons toujours les données de l'organogénie. On sait que chez les oiseaux l'artère ombilicale droite est si peu développée par rapport à la gauche qu'elle semble frappée d'une atrophie originelle; cette observation que j'ai répétée après Malpighi, Haller, MM. Dutrochet et Meckel, est aussi réelle quoique moins sensible chez le jeune embryon de l'homme.

Or, l'artère ombilicale droite correspond et, selon nous, concourt à la formation du côté gauche de l'aorte et du corps. Si donc les conditions d'existence des organes sont liées à celles des artères, on voit de suite les conséquences qui dérivent de ce fait primordial. L'atrophie de l'artère doit se faire ressentir dans toute l'étendue de son ressort; tout le côté gauche doit être moins développé et moins fort que le côté droit.

Cette faiblesse relative que tout le monde connaît et que l'on apprécie ordinairement d'après l'action musculaire, se répète dans toute l'organisation. De là, la faiblesse de l'S iliaque du colon comparativement à l'organisation robuste du cœcum; la faiblesse du rein et du testicule gauche; de là, la rate, organe évidemment avorté et dont les fonctions sont plutôt négatives que positives. De là, la faiblesse du poumon gauche, la faiblesse de l'hémisphère et de l'œil du même côté, etc., etc.

De là, la prédisposition du côté gauche à être, de préférence au droit, frappé et par l'arrêt des développements organiques, et par les maladies, et par la privation des organes.

De là, la courbure à gauche de la région dorsale de la colonne vertébrale; courbure qui, un peu exagérée, produit la fréquence si remarquable, quoique si peu remarquée, des bossus à droite, opposée à la rareté des bossus à gauche, le côté plus fort entraînant le plus faible.

Cette faiblesse relative des vertèbres et des côtes de la partie gauche, nous conduit à l'absence et à l'exubérance de ces derniers os. A-t-on remarqué que quand il manque des côtes, c'est presque toujours à gauche que se trouve ce mécompte? A-t-on remarqué, au contraire, que presque toujours leur excédant se rencontre à droite? A-t-on remarqué que l'excédant des muscles se rencontre sur la moitié droite du corps, et leur diminution sur la moitié gauche?

N'est-ce pas par la même raison que le rein se trouve plus fréquemment déformé ou absent à gauche qu'à droite? que le testicule gauche reste plus souvent dans l'abdomen que le droit? que les luxations spontanées du fémur surviennent moins fréquemment à droite qu'à gauche?

Relativement à l'arrêt du testicule gauche, on voit déjà ce côté des organes génitaux, ayant chez l'homme la tendance à reproduire la situation de l'ovaire de la femme. Cette tendance est si réelle que dans l'hermaphroditisme, on trouve quelquefois le simulacre des organes mâles à droite, et ceux de la femelle à gauche (1).

---

(1) Zacchias, Quest. medic. leg. n° 7, 8. Molleri de hermaphroditis, p. 152.

S'il est vrai que la production du sexe féminin soit le résultat d'une puissance génératrice moins énérgique que celle qui donne naissance aux mâles (MM. Meckel, de Blainville, Geoffroi-Saint-Hilaire); on voit donc pourquoi, dans les aberrations de ces derniers, c'est leur côté le plus faible qui doit tendre à se rapprocher de la femme.

S'il est exact aussi que la faiblesse relative du côté gauche le prédispose plus que le droit aux monstruosités, on voit encore la raison de la prédominance du sexe féminin sur le masculin, dans la statistique de la monstruosité; prédominance reconnue par Haller, par Morgagni, et que M. Meckel exprime par le rapport de 3 : 1.

On voit enfin combien de faits inexpliqués jusqu'à ce jour se rattachent à cette inégalité primitive de développement des deux artères ombilicales (1).

Cette prépondérance du côté droit sur le gauche est si prononcée, que lorsque, comme Ritta-Christina (2), deux enfants sont coalescents, le plus souvent celui de gauche est plus développé que celui de droite; et il est plus développé par la raison que le flanc droit de l'enfant gauche est uni au flanc gauche de son frère. C'est-à-dire que l'association s'opère par le côté le plus fort de l'un des enfants avec le côté

(1) Pour donner à cette proposition tout le degré de certitude dont elle est susceptible, il est nécessaire de voir si l'atrophie de l'ombilicale gauche produirait sur le côté droit du corps des effets analogues. On a si peu observé dans cette direction, qu'on ne fait qu'entrevoir ce résultat dans les observations de Wriberg, de Haller, de Morgagni, de Sandifort, de MM. Meckel, Geoffroy St.-Hilaire, Breschet, Osiander, Otto, Rathké, Isidore Geoffroy St.-Hilaire, etc., etc.

(2) Voyez, pour apprécier cet effet, la pl. I.

le plus faible de l'autre. Or, dans la nature les plus forts absorbent les plus faibles.

En définitive, pour embrasser dans une formule générale l'étiologie de la monstruosité par défaut, on peut supposer une ligne horizontale passant au niveau de l'ombilic et divisant l'organisation en deux plans; l'un, supérieur, composé de la tête, des bras et de la poitrine ; l'autre, inférieur, formé par l'abdomen, le bassin et les jambes. Les monstruosités du plan supérieur seront sous la dépendance de la veine ombilicale et du foie, celles du plan inférieur resteront assujéties aux artères ombilicales.

En écartant pour un instant les corrélations qui existent entre les organes des deux plans, on peut concevoir leur existance séparée; un enfant peut être privé de son plan inférieur, et se développer uniquement sous l'influence de la veine ombilicale et du foie. C'est peut-être le cas des môles. Mais comme les organes de ce plan sont dans une étroite dépendance les uns des autres, on conçoit les difficultés de cette vie isolée même dans le sein de la mère.

Et, au contraire, l'indépendance des organes du plan inférieur rend possible cet isolement qui même n'est pas rare, et de là naissent les tronçons de fœtus développés sous l'influence des artères ombilicales, et privés entièrement des organes du plan supérieur. Un fait parmi les autres a beaucoup frappé les anatomistes chez les acéphales, les anencéphales et les autres monstres par défaut : c'est celui de l'hyperthrophie des organes restant à côté de l'atrophie ou de la disparition de ceux qui constituent la monstruosité. Ce fait général dépend de la cause générale que voici :

Quand en chirurgie on fait la ligature d'une artère prin-

cipale, on voit les artères collatérales se dilater et accroître de telle manière, qu'elles remplacent le tronc oblitéré; pareillement quand la nature atrophie ou oblitère un tronc artériel, on voit le tronc voisin se dilater et augmenter de calibre; l'organe auquel correspond ce tronc s'accroît alors dans la même proportion. L'art et la nature se répètent encore sous ce rapport, et ils se répètent par l'intermède du système sanguin.

Ainsi supprimez par la pensée les artères ombilicales d'un fœtus, vous réduisez l'enfant à son plan supérieur; supprimez la veine ombilicale comme le fait tous les jours la nature sous vos yeux, et vous le réduirez à son plan inférieur. C'est du plus au moins toute l'étiologie de la monstruosité par défaut.

Et, au contraire, doublez la veine ombilicale en laissant les artères ombilicales comme de coutume, les organes du plan supérieur seront doubles, et ceux de l'inférieur simples. Doublez les artères ombilicales et laissez la veine unique, le plan supérieur restera simple, tandis que l'inférieur se doublera dans toute son étendue. C'est encore du plus au moins l'étiologie de la monstruosité par excès, principalement celle de la duplicité monstrueuse.

Or il est facile, d'après ce qui précède, de se rendre compte dans la monstruosité par défaut de la diminution de l'atrophie ou de l'absence d'une ou de plusieurs artères. Sera-t-il possible de même de nous rendre raison de leur accroissement et de leur multiplication ? Nous le pensons et nous allons essayer de le montrer en analysant avec soin, d'une part, les conditions générales d'après lesquelles s'opère l'association des individus dans la duplicité mons-

trueuse; et, d'autre part, les conditions particulières dans lesquelles chacun d'eux se trouve au moment de cette association.

Quand un fait se répète fréquemment dans les sciences, l'art d'en saisir le rapport consiste à observer ce qu'il a de commun et de général dans sa manifestation.

Or, parmi le nombre immense d'acéphales qui ont été observés, trois circonstances méritent de fixer l'attention : la première est la coexistence de l'acéphale avec un autre fœtus qui s'est développé comme à l'ordinaire; la seconde est la déformation ou l'atrophie du placenta acéphalique dont l'exiguïté est toujours proportionnée à la masse du fœtus déformé ou arrêté dans ses développements; la troisième est l'isolement de ce placenta, de celui qui a servi à la formation de l'autre enfaut.

Ces trois conditions expliquent 1° la formation séparée de chaque fœtus; chacun d'eux ayant son placenta distinct, chacun a ses enveloppes propres, chacun a son champ particulier où s'opèrent ses développements; 2° des deux enfants le plus fort atrophie le plus faible, et pour peu que l'état physique de la mère soit insuffisant à la nutrition simultanée de deux êtres, l'un est sacrifié à l'autre. Ce phénomène naturel est la répétition des phénomènes morbides que l'anatomie pathologique nous offre journellement, savoir, que toutes les fois qu'un organe prend un trop grand accroissement, il le fait toujours aux dépens des organes voisins. L'hypertrophie des uns entraîne l'atrophie des autres. 3° Le placenta, servant de racine à l'embryon, son atrophie, son dépérissement, produit inévitablement le dépérissement et l'atrophie de l'enfant, qui pour cela et à cause e cela s'arrête dans ses développements.

Ainsi se passent les choses quand les deux placenta sont séparés, et vraisemblablement quand les deux conceptions sont successives; mais supposez deux conceptions simultanées, supposez deux placenta renfermés dans les mêmes enveloppes, comme on l'observe dans la duplicité monstrueuse; de cette condition primitive naîtront des conditions nouvelles de développement, et ces conditions seront toutes d'association. Or, logés dans les mêmes enveloppes, et avec un placenta commun, les deux embryons s'associeront nécessairement par leur cordon ombilical. Si donc les développements s'opèrent sous les mêmes influences que les précédentes, des deux enfants l'un sera comme à l'ordinaire, et l'autre sera un acéphale. Mais cet acéphale ne sera plus libre, il sera adhérent à son frère, il lui sera associé par son cordon ombilical, par sa veine cave inférieure ou son aorte abdominale. Ce sera en un mot l'acéphalie parasite ou coalescente, qui, associée à un enfant ordinaire, donnera naissance à l'hétéradelphie ou aux hétéradelphes.

L'hétéradelphie est en effet caractérisée par un enfant ordinaire auquel s'est joint un acéphale plus ou moins imparfait, et qui variera selon son mode d'association.

Ainsi il pourra être associé seulement par ses vaisseaux omphalo-mésentériques, et n'avoir de commun avec son frère qu'une portion d'anse intestinale. L'acéphale parasite est alors réduit à un bassin et à ses deux jambes, pendants à l'ombilic de l'enfant, et tout-à-fait libres. (Hétéradelphie ischiale.)

Ou bien indépendamment des vaisseaux omphalo-mésentériques, l'acéphale s'unira de plus en plus à son frère par

l'intermède de la veine cave inférieure, et d'un prolongement de l'aorte, il restera accolé encore à l'ombilic en parcourant tous les développements dans lesquels se trouve circonscrite l'acéphalie. (Hétéradelphie ischio-humérale) (1).

Ou bien encore l'acéphalie sera réduite aux deux cuisses ou même à une seule, et alors ces cuisses, unissant leur artère aux iliaques de l'enfant, celui-ci se trouvera porteur de ces membres surnuméraires. (Hétéradelphie fémorale.)

Or, pour formuler ces cas en prenant pour type l'enfant bien formé, nous disons que dans le premier, celui-ci a des vaisseaux omphalo-mésentériques surnuméraires, que dans le second il a de plus une veine cave inférieure et une aorte surajoutées à l'aorte et à cette veine cave normales, et que dans le troisième il a de doubles fémorales. La multiplication des artères et des veines n'est donc qu'un résultat d'association; ce sont des débris d'un enfant ordinaire avorté dans ses développements, mais que les lois de formation ont incorporé à son frère d'une manière plus ou moins intime. Or, dans les cas de ce genre, la présence des parties surajoutées à l'enfant ordinaire est toujours en rapport avec les artères qui leur sont propres.

L'acéphalie parasite peut, à cause même de son association, descendre plus bas que l'acéphalie libre. Dans cette dernière, presque toujours le bassin existe avec les jambes; le sacrum manque rarement dans la composition du bassin; lorsque l'acéphale libre a un tronc, son axe est toujours formé par une pile de vertèbres; ses bras sont inséparables du scapulum, de même que les cuisses le sont des os coxaux;

(1) Voyez mon Mémoire sur les hétéradelphes.

un vestige de moelle épinière rattache encore ces restes informes à la belle organisation de l'homme. En un mot, dans les dégradations de l'acéphalie libre, les parties centrales restent avec les parties excentriques; et de là vient la prépondérance donnée aux parties centrales sur les excentriques; de là vient qu'on a fait naître le canal intestinal de la colonne vertébrale; les nerfs, de la moelle épinière; de là vient enfin que la formation des membres est dite inséparable de celle des vertèbres : les faits semblaient justifier ces assertions.

Mais les faits de l'acéphalie parasite les modifient; car on observe des cuisses sans bassin, des bassins sans vestige de sacrum (1), des bras sans scapulum, des troncs sans colonne vertébrale, par conséquent sans moelle épinière. La moelle épinière est alors représentée par de petits ganglions auxquels viennent se joindre les nerfs des membres; c'est la répétition du système nerveux des invertébrés, par la raison que ces acéphales sont de véritables êtres sans vertèbres. Le système sanguin est toujours le représentant fidèle de ces acéphalies parasites; les cuisses amènent leurs fémorales; les bassins leurs iliaques, les bras les axillaires, etc.

Mais dans ce tronc comme dans le bassin, toutes les parties sont singulièrement réduites; le colon manque souvent ainsi que la vessie, ainsi que les organes génitaux : ces réductions sont toutes expliquées par celles du système sanguin; l'artère mésentérique inférieure manque presque toujours; l'artère hypogastrique est réduite elle-même à zéro d'existence. Les organes sont effacés comme leurs artères.

(1) Mémoire sur les hétéradelphes, page 12, 13 et 20.

Du reste, du point le plus minime possible de développement, l'acéphalie parasite peut s'élever au même degré que l'acéphalie libre, mais elle ne le dépasse jamais; et elle ne le dépasse jamais par la raison que, comme elle, elle est constamment privée de veine ombilicale et de foie, par conséquent de cœur, de poumon, de crosse aortique et de tête.

Or, ajoutez maintenant une veine ombilicale et un foie à l'acéphale de l'hétéradelphe, et par cette addition, ou cette restitution de ce qu'il aurait dû avoir, cet acéphale reprendra son cœur, ses poumons, son aorte ascendante, son col et sa tête. Cessant alors d'être parasite, il entrera en communauté d'organisation avec son frère, et fournira son contingent pour le développement des organes hétérogènes qui les associent ensemble. En un mot l'hétéradelphe deviendra hépato-dyme, et vous verrez se produire les organisations singulières dont nous avons décrit les dispositions et les lois.

Vous verrez la duplicité de la veine ombilicale produire la duplicité de tous les organismes du plan supérieur à l'ombilic, et l'unité des artères ne donner naissance qu'aux développements ordinaires dans le plan inférieur.

Vous verrez, par contre, la duplicité des artères ombilicales doubler le plan inférieur, tandis que le supérieur restera simple, si simple est la veine ombilicale.

Vous verrez encore, dans la duplicité des veines ombilicales, l'une d'elles, l'antérieure, presque toujours plus volumineuse que la postérieure, d'où résultera la prédominance du foie, du cœur, des poumons, du thorax, du col, de la tête situés en avant, et l'avortement plus ou moins marqué des mêmes parties situées en arrière.

Vous verrez enfin, dans la duplicité des artères ombilicales, les antérieures plus prononcées ordinairement que les postérieures; d'où résultera, si les bassins sont coalescents, la prédominance de l'antérieur sur le postérieur, la prédominance de la vessie et de l'utérus situés en avant sur l'utérus et la vessie placés en arrière. Tous ces rapports se suivent.

Or tous ces rapports ont une condition générale et commune dans la disposition primitive des placenta.

Si les placenta sont libres, les deux embryons, indépendants l'un de l'autre, peuvent parcourir leurs évolutions respectives, et venir à terme bien conformés. C'est le cas des jumeaux ordinaires.

Ou bien, des deux embryons le plus fort peut se développer aux dépens du plus faible; c'est le cas si fréquent d'un enfant bien conformé, coexistant dans le même utérus avec un acéphale, et toujours avec un acéphale libre.

Si, au contraire, les deux placenta sont confondus et coalescents, de cette coalescence résulte d'abord une communauté d'enveloppes, puis une communauté des deux cordons ombilicaux. Les deux embryons isolés dans le principe sont ainsi suspendus à une tige commune.

Or, ainsi suspendus, on conçoit qu'il est encore possible que les deux enfants se développent régulièrement, et que de ces enveloppes communes sortent des jumeaux bien conformés; mais ils n'en sortent et ne peuvent en sortir qu'à une condition, celle d'être unis par leur ombilic. C'est le cas des jumeaux coalescents comme les deux Siamois. (Omphalo-dymes.)

On conçoit encore que de deux embryons si voisins, le plus fort atrophie le plus faible, d'où résulte un enfant or-

dinaire et un acéphale, unis par l'ombilic, par l'intestin et des vaisseaux. C'est l'acéphalie parasite, constituant les hétéradelphes.

On conçoit enfin que cet acéphale resté parasite par privation de veine ombilicale, et venant à acquérir cette veine, rentre dans ses droits par cette acquisition ; il devient alors l'égal de son frère, et fournit la moitié de son contingent pour les organismes communs qui doivent les unir. Les deux enfants n'en forment plus qu'un seul. Ce sont les monstres doubles, ou les hépato-dymes : c'est notre Ritta-Christina. Mais d'après ce qui précède, ces deux enfants sont rarement complets ; le plus souvent il manque quelques parties à l'un et à l'autre ; l'un et l'autre, considérés à part, sont des monstres par défaut, dont l'association donne naissance aux organismes communs qui les unissent et les confondent en ramenant leur dualité à l'unité.

En dernière analyse, donc, la cause la plus générale des irrégularités de développement et de la monstruosité réside en premier lieu dans la dualité primitive des placenta, et en second lieu dans la séparation ou la coalescence de ces deux organes.

TROISIÈME PARTIE.

ARTICLE XX.

Anatomie descriptive de Ritta-Christina et des Hépato-dymes. Influence de leur organisation sur la possibilité de la vie associée.

Tout le monde a entendu parler de Ritta-Christina, de cet enfant à deux têtes séparées, qui, au grand étonnement des physiologistes, a vécu huit mois et quelques jours, et aurait pu vivre bien au-delà si des circonstances étrangères à son organisation n'eussent contribué à hâter sa fin. Née à Sassari en Sardaigne, le 12 mars 1829, transportée de l'Italie en France, soumise à la curiosité du public, quelquefois à son indiscrétion, Ritta-Christina a souvent manqué de ces soins hygiéniques qui sont pour la première enfance les conditions indispensables de la santé. Elle est morte à Paris, le 23 novembre de la même année; c'est son anatomie que nous allons présenter dans tous ses détails.

Au premier aspect et l'enfant étant couché, on eût dit deux sœurs jumelles reposant à côté l'une de l'autre; leur physionomie avait la grace de cet âge; celle de Christina était plus vive et plus enjouée, celle de Ritta avait cette empreinte mélancolique qui, chez les enfants, est un signe de dépérissement et de souffrance. Ritta souriait rarement à sa nourriture, se montrait peu avide de prendre le sein, même quand les intervalles étaient éloignés : Christina, au con-

traire, tétait souvent et plus long-temps que sa sœur. On sait que pendant cet acte les enfants ont pour habitude d'agiter leurs pieds et leurs mains lorsque leurs membres sont libres; ces mouvements avaient lieu simultanément dans les deux jambes, quand les deux sœurs étaient au sein, ils se bornaient à une jambe quand une seule d'elles prenait sa nourriture. On voyait déja que chaque enfant avait une des extrémités inférieures qui lui appartenait en propre, car chacune de ces extrémités paraissait soumise à la tête qui lui correspondait.

Il n'en était pas de même de l'abdomen unique; quoique ses deux moitiés fussent bien distinctes extérieurement, que la gauche appartint à Christina, et la droite à Ritta, leur action était simultanée; cette simultanéité visible dans les grandes inspirations, le devenait surtout dans l'acte de la défécation, et dans les efforts de la toux; quand Ritta toussait, sa sœur était attentive, et y prenait part par son abdomen et sans doute aussi par sa portion de diaphragme.

La respiration était simultanée chez les deux enfants, ces deux poitrines enclavées l'une dans l'autre, comme on le verra, se mouvaient en même temps; les inspirations et les expirations étaient égales et isochrones; elles ne cessèrent de l'être que quelque temps avant la mort. La simultanéité de la respiration coïncidait avec celle de la circulation; on ne sentait à la région du cœur qu'une pulsation unique; l'artère radiale de Ritta battait en même temps que celle de Christina; le pouls tâté à l'artère crurale de chaque cuisse donnait le même résultat : on eût cru, et l'idée en fut même émise, qu'il n'y avait qu'un seul cœur (1). Le stéthoscope

(1) Voyez la note très-remarquable de M. le docteur Castel qui dans

placé sur divers points de la poitrine donna toujours une réponse uniforme.

C'est qu'en effet, il n'y avait qu'une pulsation; et il n'y avait qu'une pulsation unique, par la raison qu'il n'y avait qu'une respiration; l'isochronéité de celle-ci entraînait l'isochronéité et la simultanéité d'action des deux cœurs. Les deux cœurs n'en faisaient qu'un, de même que les quatre poumons étaient physiologiquement ramenés à l'unité. Dans l'état ordinaire cette correspondance de la respiration et de la circulation ne nous frappe que légèrement; la vie d'un enfant est si commune, qu'en général on se met peu en peine du mécanisme qui la produit; ce n'est que quand elle est menacée que notre attention se réveille. Les livres de pathologie ont particulièrement insisté sur la nécessité de cet accord entre la respiration et la circulation pour que la santé ne soit point troublée. Le dérangement de l'une de ces fonctions entraîne inévitablement le dérangement de l'autre.

Pour que la vie s'établît et se maintînt chez Ritta-Christina, il était indispensable que les deux circulations et les deux respirations n'en fissent qu'une. Or, pour amener ce résultat, nous verrons combien sont admirables les dispositions anatomiques prises par la nature.

Il était indispensable aussi à leur santé, que le sommeil et la veille eussent lieu en même temps; car on sait que lors du sommeil la respiration est un peu ralentie; or le ralentissement d'une respiration devait gêner l'autre, et elle la

---

le principe a émis l'opinion contraire. Lue à l'Académie de Médecine, le 17 novembre 1829.

gênait en effet. La respiration de l'enfant endormi était douce, calme; celle de l'enfant éveillé devenait agitée après quelques instants; cette agitation se décelait par le soulèvement des côtes éveillées, à côté du repos des côtes endormies, par un soulèvement inégal de l'abdomen et une ondulation latérale du paquet intestinal (1). La respiration s'opérait alors chez Ritta-Christina comme elle a lieu chez les malades qui ont un poumon induré ou un épanchement copieux dans l'une des plèvres. Il y avait souffrance pour l'enfant éveillé; aussi ce mésaccord entre les deux sœurs n'était-il que de courte durée; le sommeil les gagnait toutes deux, ou bien le malaise de l'une éveillait l'autre; leur vie associée n'était qu'à ce prix.

La nécessité de dormir ou de veiller ensemble avait commandé l'obligation de prendre leur repos en même temps; dormir et téter sont les deux fonctions actives de la première enfance; l'une suit l'autre; l'une est nécessaire à l'autre; la communauté du repos comme la communauté du sommeil dérivaient ainsi du même besoin. Il s'ensuivait aussi la communauté de la défécation, puisque les deux intestins débouchaient à l'extérieur par un seul anus. Manger, digérer et se débarrasser ensemble, étaient pour ces enfants des conditions obligatoires. Leur dualité était donc ramenée à l'unité, quant à l'exercice des trois fonctions fondamentales de la vie; la nutrition, la respiration et la circulation.

L'anatomie qui d'ordinaire ne décrit que ce qui est, doit rechercher dans les cas semblables à celui-ci, les raisons de ce qu'elle observe; car le plan nouveau sur lequel s'arran-

(1) Voyez la note intéressante de M. le docteur Martin Saint-Ange, Journal hebdomadaire de médecine, n° 67, janvier 1830.

gent les organismes diffère, il est vrai, de celui nécessité pour une vie simple, mais il s'arrange et se coordonne, d'après les données indispensables à une autre vie, celle de la vie associée. C'est cette nouvelle vie que doivent avoir en vue les anatomistes et les physiologistes appelés à rendre compte des faits de cette nature.

Dans les fonctions précédentes la dualité doit être ramenée à l'unité, et dans d'autres, au contraire, l'unité devient double, c'est-à-dire que des organes constitués comme pour la vie simple, sont dévolus au service de deux êtres. Ainsi un seul anus servait aux déjections des deux enfants (1); ainsi les organes extérieurs de la génération conformés comme pour un seul (2), appartenaient par moitié et en propre à chacune des petites filles. De même chez un petit garçon, il n'existait qu'un pénis dont la moitié provenait de l'un des garçons, l'autre moitié de son frère (3); il n'y avait que deux testicules, mais le droit était la propriété de l'enfant de droite (4), le gauche appartenait à l'enfant gauche (5).

L'unité était double anatomiquement et physiologiquement; car si on irritait l'ouverture de l'anus, les deux enfants en avaient le sentiment en même temps; si on irritait les parties de la génération, leurs membres s'agitaient en commun, et la physionomie des deux petites filles indiquait que la sensation avait été distinctement et individuellement

(1) Pl. VIII, fig. I, *d*.
(2) Pl. I, D; pl. VII, fig. 1, *b*, *b*, *c*, *c*.
(3) Pl. XVII, n° 1.
(4) Pl. XVII, n° 2, A.
(5) Pl. XVII, n° 2, B.

perçue par chacune d'elles. Cette expérience qu'un motif d'utilité avait obligé de répéter donnait toujours le même résultat.

Et au contraire la sensation s'isolait, et devenait individuelle dans les membres inférieurs (1), qui, comme chez un enfant simple, n'étaient qu'au nombre de deux. Si on chatouillait le pied gauche (2), Christina souriait et remuait sa cuisse, Ritta paraissait étrangère à la sensation : si on chatouillait le pied droit (3), c'était Ritta qui répondait, et Christina qui se taisait. Si elles étaient endormies, la tête correspondant au pied chatouillé, s'éveillait seule. Les deux s'éveillaient en même temps, si on touchait les deux pieds simultanément. Cette individualité de sensations s'étendait en devant sur la moitié de l'abdomen, au haut duquel cessait l'unité des deux enfants (4). A partir de ce point on voyait manifestement à l'extérieur la coalescence des deux poitrines sur lesquelles on observait quatre organes mammaires; deux inférieurs qui étaient le gauche de Christina et le droit de Ritta, et deux supérieurs très-rapprochés placés au haut de ce double thorax (5). La jonction des deux poitrines faisait suite à celle des moitiés d'abdomen, et formait une ligne médiane commune aux deux enfants (6). Les quatre bras avaient la situation et les mêmes rapports que les mamelles.

---

(1) Pl. I, G, *f*.
(2) Pl. I, *f*.
(3) Pl. I, G.
(4) Pl. I, E.
(5) Pl. I, A.
(6) Pl. I, A, E, D.

Les cols et les têtes étaient complètement isolés, de telle sorte que si on eût séparé les deux enfants en suivant la ligne de leur pénétration, on eût eu pour chaque tête deux bras et une poitrine comme à l'ordinaire, et au-dessous de cette dernière chacune d'elles n'aurait eu en propre que la moitié de l'abdomen, la moitié du bassin et une cuisse.

Ces deux têtes placées à peu près à la même hauteur, étaient l'une et l'autre légèrement déformées, et elles l'étaient en sens inverse. La bosse coronale gauche de Ritta était beaucoup plus saillante que la droite, et au contraire chez Christina la gauche paraissait déprimée à côté de la proéminence de la droite. En arrière la bosse occipitale droite de Ritta était bombée, et la gauche affaissée; chez sa sœur la saillie portait sur la bosse occipitale gauche, et l'affaissement sur la droite. Il résultait de cette opposition que ce que le diamètre d'une tête perdait dans un sens, elle le gagnait dans le sens opposé, puisque la saillie antérieure de chaque tête correspondait à sa dépression postérieure, et que sa dépression en avant était remplacée par une saillie correspondante en arrière.

Cette déformation acquise après la naissance avait une cause: le décubitus des enfants pendant le sommeil. Or à cause de la pénétration des poitrines, la tête de Ritta pendant le sommeil reposait sur le côté gauche et postérieur, et celle de Christina sur le côté droit; les dépressions en arrière étaient et devaient être opposées; ces dépressions chassant l'encéphale en avant, les saillies antérieures devaient suivre le même rapport. La même cause agissant ainsi sur les deux enfants produisait ces effets opposés. Sans doute qu'à la naissance les têtes étaient régulières, on peut en

juger par la régularité de celles d'un autre bicéphale né dans des conditions semblables et qui n'a pas vécu (1).

Il résulte de là deux données importantes : la première, que la tête d'un enfant peut être modifiée dans sa forme par une pression douce et continue ; la seconde, que les modifications qu'elle peut subir ne diminuent point la capacité du crâne, puisqu'il gagne d'un côté ce qu'il perd de l'autre.

Il en résulte encore que si un enfant a un côté du crâne plus saillant que l'autre, on peut rétablir l'équilibre en le couchant habituellement sur ce côté.

Il en résulte enfin l'explication de l'inégalité des deux côtés de la tête, si commune dans l'espèce humaine, et produite incontestablement par le décubitus pendant le sommeil. La dépression se manifeste de même que chez Ritta-Christina, du côté sur lequel on se couche le plus habituellement. Cette irrégularité de la tête et du crâne de l'homme que j'ai vérifiée si souvent, est surtout remarquable quant à sa cause, si on la compare à la régularité parfaite du crâne et de la tête des animaux, sur laquelle le décubitus ne peut exercer aucune influence.

La symétrie est un des attributs de la beauté des formes humaines ; or on peut voir qu'elle était parfaite chez Ritta-Christina, quoique résultant de combinaisons et d'associations tout-à-fait différentes de celles qui la constituent dans les organisations simples. En arrière elle était moins marquée qu'en devant, mais elle existait encore (2) ; une ligne médiane étendue du haut des poitrines à l'anus traçait la

(1) Pl. XX, A, B.
(2) Pl. IX, D, D, C.

pénétration des deux enfants; on sentait sur les côtés une légère saillie formée par les apophyses épineuses des vertèbres (1); ce qui indiquait que les colonnes vertébrales étaient séparées dans toute leur étendue (2). L'intervalle qui séparait ces deux colonnes était occupé en haut par une partie du sternum et des côtes (3), au milieu par un petit abdomen (4), et en bas par une pièce osseuse triangulaire (5) dont on pouvait suivre les contours au travers de la peau: de plus, il existait au-dessous de cette pièce un tubercule peu saillant (6). Cet abdomen postérieur était sans ombilic, mais la disposition des côtes ne pouvait le faire méconnaître; cette pièce osseuse (7) représentait la réunion des deux os coxaux, et ce petit tubercule me parut incontestablement l'empreinte des membres inférieurs qui manquaient.

Il s'ensuivait de cette première observation 1° que bien que l'abdomen parût simple en devant, néanmoins il en existait un second rudimentaire en arrière; 2° que bien que le bassin antérieur parût unique, il se trouvait postérieurement les rudiments d'un autre bassin; 3° que bien que l'enfant n'eût que deux cuisses et deux jambes, il avait existé en arrière les éléments de la seconde paire de jambes et de cuisses; 4° il s'ensuivait enfin que, quoique par son ensemble

---

(1) Pl. IX, n° 6, 7.
(2) Pl. XI, A, 5, 6.
(3) Pl. IX, 8 8.
(4) Pl. IX, L, C.
(5) Pl. IX, *a*.
(6) Pl. IX, *x*.
(7) Pl. XI, P, Q.

Ritta-Christina ne représentât que les deux tiers de deux enfants, il devait néanmoins lui manquer bien peu de choses pour constituer deux enfants complets.

Cette prévision que je déduisais des règles que j'ai exposées, j'hésite d'autant moins à la reproduire que maintes fois pendant la vie de l'enfant, elle fut le sujet de nos entretiens avec mon illustre ami M. Geoffroy-St.-Hilaire, et que d'ailleurs l'anatomie et les dessins ont été exécutés d'après ces vues d'ensemble et de détail (1).

Article XXI.

Des systèmes osseux et musculaire de Ritta-Christina et des hépato-dymes.

Les colonnes vertébrales, composées chacune du même nombre de vertèbres qu'à l'ordinaire, offraient dans leurs courbures de petites anomalies, en rapport avec le mode d'association des deux enfants. D'abord la convexité antérieure de la région cervicale se déjetait de gauche à droite chez Ritta (2), et de droite à gauche chez Christina (3); ce déjettement tenait à la position des deux têtes; la concavité de la région dorsale était plus prononcée, surtout du côté de Christina (4), et enfin la convexité de la région lombaire

(1) J'ai été secondé dans cette anatomie par le premier prosecteur de l'amphithéâtre des hôpitaux, M. le docteur Manec, dont l'habileté est connue de tous les anatomistes. Feu Huet, peintre du muséum d'histoire naturelle, a exécuté les dessins.

(2) Pl. XI, C.

(3) Pl. XI, 9.

(4) Pl. XI, n° 2.

plus saillante chez cette dernière (1) que chez sa sœur (2), était chez les deux beaucoup plus marquée que de coutume. A partir du bas de la région cervicale, jusqu'au sacrum, chaque axe vertébral était oblique de dehors en dedans (3) : cette obliquité, ainsi que les deux dernières courbures, avait pour résultat de rapprocher les deux os sacrum.

Lorsque les deux sacrum sont confondus, cette obliquité est bien plus forte ; elle l'est beaucoup moins au contraire lorsque ces os sont plus éloignés (4) ; elle ne l'est pas du tout lors de l'isolement des deux bassins chez les hépatodymes acomplexes (5).

On sait qu'en outre de ces courbures il en existe une autre sur le côté gauche de la région dorsale, que Bichat a présumé dépendre de ce que la plupart des efforts se font avec la main droite. J'ai montré dans un autre ouvrage que cette courbure se montrait souvent chez le fœtus, et toujours chez les enfants, bien avant qu'ils se soient servis de leurs bras, bien avant surtout qu'ils soient en état d'exercer aucun effort ; que par conséquent l'effet précédant la cause, il était vraisemblable que la constance de cette courbure devait se lier à une action constante et continue, dont l'effet aurait commencé à se faire sentir avant la naissance. J'ai cru voir dans la courbure de l'aorte et dans l'effort continu que le sang exerce contre cette courbure, la cause de celle

(1) Pl. XI, n° 6.
(2) Pl. XI, n° 5.
(3) Pl. XI, 9, *b*, *c*, 5.
(4) Pl. XX, *n*, *k*, *m*, L.
(5) Pl. XIV, fig. 1, 2, n^os 1, 2.

qui se manifeste dans la portion de la région dorsale qui lui correspond. J'en donne pour raison : 1° cette correspondance ; 2° le déplacement de cette courbure, lors du déplacement de l'arc aortique.

Le déplacement de la courbure vertébrale a lieu dans les cas d'inversion du cœur : l'arc aortique passant alors de gauche à droite, la courbure vertébrale le suit et se déplace avec lui ; l'effet suit ainsi sa cause. La position de l'arc aortique doit donc toujours indiquer la position de cette courbure latérale de la colonne vertébrale. C'est ce qui avait lieu chez nos enfants.

Chez Christina, l'arc aortique était resté à sa place accoutumée (1) ; comme de coutume, la courbure vertébrale était à gauche ; chez Ritta, au contraire, l'arc aortique, ayant passé à droite de la colonne vertébrale (2), la courbure existait du côté droit : en outre, chez Ritta, l'aorte abdominale formait un arc très-marqué, auquel correspondait une seconde courbure, empreinte sur le côté droit du corps des dernières dorsales et des premières lombaires.

Sur notre second hépato-dyme complexe les rapports étaient semblables ; sur l'enfant gauche de même que chez Christina, les courbures aortiques (3) et vertébrales étaient restées à gauche de la région dorsale ; chez l'enfant droit elles avaient passé à droite (4) de même que chez Ritta ; enfin sur l'hépato-dyme acomplexe dont nous avons donné les figures,

(1) Pl. V, B, *k*.
(2) Pl. V, A, I.
(3) Pl. XIX, B, J.
(4) Pl. XIX, A, K.

les arcs aortiques ayant perdu tout contact avec la colonne vertébrale (1), il n'y avait de courbure vertébrale ni dans un sens ni dans l'autre. La courbure latérale de la région dorsale suit donc, et dépend de la position de l'arc de l'aorte.

Observons au reste que cette courbure n'est qu'une espèce d'empreinte qui effleure à peine la surface de la vertèbre : elle est analogue à celle produite sur les pubis par le passage de l'artère crurale; à celle de la première côte dans le court espace où elle correspond à la sous-clavière; à celle enfin du milieu de la protubérance annulaire, où l'artère basilaire se creuse souvent une véritable gouttière.

Toutes les vertèbres, à l'exception de deux, étaient parfaitement développées; les vertèbres exceptionnelles étaient la 5e et la 6e cervicales de Ritta (2). L'anormité du corps de la 5e consistait dans sa duplicité, et celle de la 6e provenait de ce que la moitié de ce corps s'était seule développée du côté droit: d'où il résultait qu'à elles deux le corps de ces vertèbres était formé par l'agglomération de trois noyaux osseux (3). Naguère cette anomalie eût été inexplicable; depuis que j'ai montré que le corps de toute vertèbre se développe par deux points osseux distincts, cette aberration est toute simple; elle consiste pour la 5e dans un retard de développement, et pour la 6e dans l'avortement de l'un des noyaux osseux de son corps.

---

(1) Pl. XIII, fig. 1, *g*, *g*; fig. 2, *c*, *f*.

(2) Pl. XI, R, A.

(3) Pl. XI, R, A, B, C.

Toutes les côtes, à l'exception de deux aussi, étaient régulières quant au nombre et quant à la forme; l'exception portait sur la 12e (droite) de Ritta, et sur l'analogue (gauche) de Christina; celle-ci existe encore rudimentaire sur le squelette; celle de Ritta, perdue dans les parties molles à cause de sa réduction, ne consistait qu'en un petit filament osseux. L'avortement des côtes, quoique ayant lieu sur deux sujets différents, était néanmoins symétrique; car d'après leur mode d'association, les côtes gauches de Christina (1) se joignaient aux droites de Ritta (2) pour former la poitrine antérieure. Cette symétrie et dans les développements et dans les non-développements, est un des rapports les plus généraux des formations organiques, par la raison qu'elle est indispensable à l'harmonie des parties et à leur action. Aussi, presque toujours, les côtes surnuméraires d'un côté sont répétées par des côtes surnuméraires de l'autre; souvent aussi leur avortement se répète comme chez nos deux enfants; l'avortement porte sur les côtes inférieures, et leur excédant sur les côtes supérieures. Cet effet tient à ce que les dernières côtes chez l'homme ne sont véritablement que des parties rudimentaires.

De doubles paires de côtes exigeaient un double sternum; deux sternum y étaient aussi, mais réunis en un seul et de manière que plus tard il devienne difficile de concevoir leur mode de pénétration, dont nous avons plus haut exposé le mécanisme. Ce mécanisme n'est en effet encore visible que parce que la plupart des noyaux osseux qui le constituent sont

(1) Pl. XI, n° 2.
(2) Pl. XI, n° 1.

toujours distincts (1); plus tard leur réunion effacerait les traces de leur formation. C'est l'effacement de ces traces si rapides chez les enfants ordinaires qui a fait douter quelques anatomistes de la dualité primitive de cet os; c'est néanmoins cette dualité constante qui rend seule possible la combinaison que nous avons sous les yeux, et qui, à raison de son importance dans cette vie associée, devient la clef de la voûte, que représentent les deux poitrines.

J'ajouterai à ce que j'ai déjà dit à ce sujet, qu'à l'époque où la poitrine est ouverte pour que le cœur y pénètre, chaque côte sternale est pourvue de son élément sternal; les côtes d'un côté ont avec elles la moitié du sternum qui leur appartient; au moment où la poitrine se ferme, ce qui toujours a lieu de haut en bas, chaque extrémité de côte joint son élément sternal à son élément analogue, porté par la côte qui est en regard; une suture indique quelque temps sur le cartilage cette réunion, puis elle disparaît, de même que celle du maxillaire inférieur, des coronaux, des pariétaux, des occipitaux. La seule différence, c'est que quelques-unes de ces sutures persistent des années, tandis que d'autres disparaissent avec promptitude; cette question n'est qu'une question de temps.

Or il peut arriver que le cœur ne rentre pas dans la poitrine; il peut arriver que le cœur devienne anévrismatique chez un embryon; on voit alors que les extrémités des côtes ne pourront converger les unes vers les autres, pour se réunir; que ne se réunissant pas, chaque rangée costale devra

(1) Pl. XI, *d*, *k*, *e*, *i*, *n*, *g*.

conserver la moitié de sternum qu'elle apporte et qui lui appartient. Il y aura alors deux demi-sternum, un à droite, l'autre à gauche; et ces demi-sternum ne seront que l'état primitif de l'embryon, persistant accidentellement à la naissance et souvent même après la naissance.

Telle était une famille entière observée par *Senac* (1), sur laquelle le sternum était divisé dans sa partie moyenne, de telle sorte que ses deux moitiés pouvaient être écartées l'une de l'autre d'environ un pouce. Telle était une infirmière de l'hospice des vénériens que tous les anatomistes ont pu voir; tels étaient encore les cas observés par Sandifort, Haller, Heister et autres; telle était une fille de 12 ans dont le sternum également mobile pouvait s'écarter d'un pouce sur la ligne médiane (2). La vie s'était accommodée, dans ces cas, de cette déformation.

Elle avait souffert, au contraire, chez le fœtus sur lequel Stenon rencontra le sternum divisé (3), sur celui de huit mois qui fut communiqué à l'Académie des sciences (4), sur un troisième qui lui fut communiqué par un chirurgien de Tours (5), sur un quatrième observé par Martini (6), et enfin chez le second de nos hépato-dymes complexes dont la division sternale était le résultat d'une maladie du cœur (7).

---

(1) Académie des Sciences, année 1724.
(2) Collect. Académ., part. étrang., tome IX, page 34, append.
(3) Actes de Copenhague, ann. 1671-72, obs. 10.
(4) Idem, année 1712.
(5) Idem, année 1748.
(6) Hall., dissert. anat, tome II, page 980.
(7) Pl. XVIII, B, A.

Cette maladie avait dilaté outre mesure cet organe (1); cette dilatation pressant les côtes (2) les avait maintenues écartées, et cet écartement avait produit la division du sternum dans toute son étendue (3). Il y avait dès lors deux demi-sternum, l'un à droite, l'autre à gauche, et entre ces deux moitiés un hiatus profond (4).

La dualité primitive du sternum mise ainsi hors de doute, il devient facile de concevoir la formation de l'os complexe de nos enfants. On voit en effet que chaque paire de côtes a conservé ses propres éléments sternaux (5), et que la pénétration s'est opérée comme nous l'avons décrite. Par cette pénétration les deux sternum n'en avaient formé qu'un très-étendu, couvrant le haut (6) et le devant des poitrines (7). Il était convexe en dehors et concave en dedans, et formait de cette manière la partie supérieure du cône tronqué que représentait ce vaste thorax.

Ses extrémités supérieures (8) regardant chaque tête, recevaient les deux clavicules et les premières côtes de chaque enfant; sa partie moyenne se divisait ensuite pour s'adjoindre aux parties congénères de l'autre sternum (9). Il résultait de là que chaque enfant avait en propre la moitié de

(1) Pl. XVIII, B, A, A.
(2) Pl. XVIII, A, *f*.
(3) Pl. XX, *i*, *c*, E.
(4) Pl. XX, *i*, G.
(5) Pl. X, fig. 1, R, *c*, *x*, *y*.
(6) Pl. XI, *d*, *k*.
(7) Pl. XI, *j*, *g*.
(8) Pl. XI, B, A.
(9) Pl. XI, D, *d*.

son sternum, tandis que son autre moitié s'unissait à une des moitiés de celui de sa sœur. Cette pénétration partielle coïncidait avec la désunion des cœurs que nous indiquerons plus bas.

Cela posé, on voit bien maintenant comment, les deux poitrines s'étant présentées face à face, les côtes gauches de Christina s'étaient jointes aux droites de Ritta pour former la partie antérieure du thorax commun, tandis qu'en arrière les côtes gauches de Ritta et les droites de Christina en formaient la partie postérieure. On voit encore qu'à cause de l'union des enfants par les flancs, les côtes de derrière plus rapprochées entre elles avaient déjeté en haut et en avant leur portion sternale; on voit enfin que ces deux poitrines n'en formaient qu'une, indivisible dans sa structure et dans son action.

Cette unité est particulière à cette espèce d'hépato-dymes; car dans celle où les sternum se pénètrent seulement par leurs appendices xiphoïdes (1), les côtes étant entièrement séparées les unes des autres (2) et par conséquent indépendantes, l'indépendance des deux poitrines en est le résultat immédiat, de même que le croisement de ces deux cavités est la suite nécessaire de leur formation hétérogène chez les hépato-dymes acomplexes (3). Ces résultats physiques nous mettent déja sur la voie de la vie associée possible chez les uns, et de la mort plus ou moins inévitable chez les autres.

Les clavicules et les os composant les membres supérieurs

(1) Pl. XX, G.
(2) Pl. XX, Q, R, S, u, v, x, z.
(3) Pl. XIV, fig. 1, 2, H, C.

de Ritta-Christina n'offraient rien de particulier; ils étaient également bien développés des deux côtés.

La structure osseuse du bassin était moins compliquée que celle de la poitrine; elle n'était pas néanmoins aussi simple que le faisait présumer son aspect extérieur : d'une part il y avait deux sacrum, l'un faisant suite à la colonne vertébrale de Ritta, l'autre à celle de Christina. D'autre part ces sacrum n'occupaient pas la partie postérieure de cette cavité, mais bien ses faces latérales et un peu postérieures; il eût résulté de cette composition une large échancrure en arrière, si une pièce insolite dans les bassins ordinaires n'eût comblé en arrière l'intervalle qu'ils laissaient entre eux.

Pour expliquer le développement de cette pièce unique, il faut observer que le mouvement de version, si peu sensible dans la poitrine que les côtes postérieures n'en avaient souffert que dans leurs cartilages sternaux, s'était fait sentir dans le bassin d'une manière beaucoup plus forte; il résultait de là que les deux bassins en se réunissant avaient été réduits à un bassin et demi, et voici comment : En se présentant face à face comme les poitrines, l'os coxal droit de Ritta s'était réuni au gauche de Christina; ils formaient par cette réunion le bassin antérieur analogue, quant à sa formation, à la poitrine située en avant. L'os coxal droit de Christina et le gauche de Ritta, avortés dans leur développement, s'étaient rapprochés par la répétition du mécanisme qui avait porté les unes contre les autres les côtes composant la poitrine postérieure. Ces deux os rudimentaires ainsi amenés au point de contact avaient fini par se réunir en donnant naissance à la pièce unique, placée en guise de plastron en ar-

rière de ce bassin, dont les dimensions se trouvaient en tout sens plus étendues que sur un bassin ordinaire.

Cette pièce unique n'était donc pas un os nouveau, comme on l'eût dit il y a quelques années, mais bien une partie insolite formée avec des éléments ordinaires et déterminés; la pièce était plane en dedans, et un peu concave en arrière. Les os coxaux et seulement leur portion iléale avaient pris cette nouvelle forme pour s'accommoder à leur usage, de même que le sternum était devenu bombé pour remplir celui qui lui était destiné : la forme n'est donc pas un attribut absolu des parties, puisqu'elle est modifiée selon les besoins de la nature.

Du reste on ne voyait sur cette pièce nulle trace de cavité cotyloïde, par la raison qu'il n'y avait nul vestige de fémur; or il n'y avait nul vestige de fémur, par la raison encore que les artères fémorales manquaient; car les petits vaisseaux existant en cet endroit et correspondant au tubercule dont nous avons parlé, étaient les branches ischiatiques et fessières.

Or ajoutez à ces branches des fémorales rudimentaires, vous voyez paraître des rudiments de la seconde paire de membres; à mesure que les fémorales accroissent, vous voyez accroître en même temps et se développer les membres pelviens surnuméraires (1). Comment se développent-ils? est-ce du centre à la circonférence ou de la circonférence au centre? Notre réponse à nous n'est pas douteuse; pas plus douteuse que ne l'est l'ordre constant de la manifestation des parties.

---

(1) Pl. XX, C, E, D.

Cet ordre est le même que celui des développements naturels.

D'abord les pieds et le tarse se montrent, puis la jambe, puis la cuisse, puis enfin la cavité cotyloïde.

Le second de nos hépato-dymes complexes avait sa deuxième paire de membres pelviens assez développée à la périphérie et assez avortée au centre, pour mettre en évidence l'exactitude de cette proposition. Premièrement les pieds et les jambes étaient bien développés (1). Secondement la partie inférieure des cuisses (2) l'était également; mais dans leur moitié supérieure les deux cuisses n'en formaient qu'une (3) : là commençaient les avortements. Troisièmement l'avortement était beaucoup plus marqué sur la portion des os coxaux auxquels les cuisses devaient s'adjoindre. Ces os coxaux étaient comme ceux de nos enfants réduits à leur portion iléale : il leur manquait la portion ischiatique et le pubis qui plus spécialement appartiennent aux fémurs. Ces deux portions iléales (4) distinctes étaient séparées par un cartilage intermédiaire; en arrière le cartilage était déprimé de manière à simuler un commencement de cavité cotyloïde; en dernier résultat les avortements étaient au centre, et les développements les plus avancés à la circonférence.

Mais pourquoi chez les deux hépato-dymes les ischions et les pubis manquaient-ils, tandis que les iléons étaient si bien développés? La raison en est encore toute simple : le

(1) Pl. XX, F, E.
(2) Pl. XX, D, C.
(3) Pl. XX, n° 6.
(4) Pl. XX, L, K.

bassin comme le crâne, comme la poitrine, comme toute l'organisation, se développe de dehors en dedans. Or, d'après ce mode de formation, l'iléon paraît le premier, puis l'ischion, puis le pubis. Il n'y a pas d'exception à cette règle; les avortements, quand ils ont lieu comme dans ces cas, doivent donc porter sur les pubis et les ischions. C'est ce que nous avons voulu exprimer en disant que toujours il y a de l'ordre dans le désordre, assujétissement à la règle, lors même que la règle paraît le plus ouvertement violée.

Maintenant, sous l'influence de l'accroissement des artères, supposez que les développements augmentent, vous verrez d'abord les deux cuisses s'isoler et les membres inférieurs se compléter; vous verrez paraître en même temps les ischions, puis les pubis; la cavité cotyloïde se formera et s'isolera de chaque côté; enfin les deux bassins se compléteront comme cela existe chez les ischiadelphes. Car remarquez que par son bassin Ritta-Christina était ischiadelphe pour un quart, et le second de nos hépato-dymes pour les trois quarts; de là à l'ischiadelphe complet il n'y a qu'un pas. Le bassin reproduit exactement ce que nous montre la céphalodymie dans ses développements successifs.

Avant mes recherches sur l'ostéogénie, on disait le bassin uniquement composé par les trois pièces de l'os coxal. J'en ai trouvé deux nouvelles, placées chez l'homme et les mammifères dans le fond de la cavité cotyloïde et dans le cartilage interpubien. Ces pièces sont si petites qu'elles semblent logées là plutôt par souvenir que par nécessité (1). En se dé-

(1) J'ai nommé ces os l'un *cotyléal*, et l'autre *inter-pubéal;* c'est ce dernier qui devient le *marsupial*. Sur un nombre considérable de bassins de

gageant, l'une d'elles (l'interpubéal) devient l'os marsupial, et appuyée sur les pubis, elle remplit des fonctions importantes chez les kanguroo et les ornithorinques, soit à l'égard des muscles de la bourse, soit à l'égard d'une portion des muscles abdominaux.

Or nous avons dit qu'en outre de leur abdomen antérieur, nos hépato-dymes avaient un second abdomen en arrière, dont les muscles avaient besoin aussi de soutien et d'appui. Rien ne pouvant leur en offrir dans la composition osseuse d'un bassin ordinaire, la nature reproduit ici éventuellement l'organisation de l'abdomen marsupial; elle retire cette pièce, inutile dans le cartilage interpubien, la place en guise de pubis sur le coxal insolite, et offre de cette manière un point d'appui et une surface nouvelle d'insertion aux fibres musculaires composant le second abdomen. L'utilité est ainsi procurée accidentellement à une pièce qui, dans l'état naturel chez l'homme, nous paraît complétement inutile, et par conséquent superflue.

Chez l'hépato-dyme mâle l'os marsupial était représenté par un cartilage intermédiaire aux deux os iliaques; au milieu et en haut on voyait un noyau osseux qui commençait son ossification (1). Chez Ritta-Christina il formait une plaque triangulaire (2) superposée sur l'iléal, et se prolongeait en pointe sur la ligne médiane postérieure : d'où il résultait que la pièce insolite du bassin était formée 1° par les

---

jeunes animaux, M. le baron Cuvier a observé le premier, que le cotyléal existait avec l'os marsupial.

(1) Pl. XX, C.

(2) Pl. XI, P.

deux iléons réunis, 2° et par l'os marsupial ordinairement placé dans le milieu du cartilage interpubien.

Il en était de même chez l'hépato-dyme mâle, chez lequel, comme nous l'avons dit, se trouvaient deux membres postérieurs avortés en partie (1); le pied droit surnuméraire n'avait en outre que quatre doigts complets, le cinquième en était réduit à sa dernière phalange (2), c'est-à-dire à sa portion la plus excentrique.

Du reste les crânes, les vertèbres, les côtes et les membres supérieurs de l'hépato-dyme mâle n'offraient rien de particulier, sinon que le pouce (3) et le petit doigt (4) de la main droite n'avaient chacun que deux os phalangiens; les avortements se correspondaient, et sur les membres réguliers et sur le membre surnuméraire de l'enfant situé du côté droit; celui de gauche en était exempt.

Au bassin antérieur de Ritta-Christina était annexé l'appareil osseux, propre aux deux membres pelviens; le droit était à Ritta, le gauche à Christina; rien ne manquait ni à l'un ni à l'autre; rien ne manquait pareillement aux membres pelviens antérieurs de l'hépato-dyme mâle, bien que l'un appartînt à l'un des enfants, et l'autre à son frère.

Tout le système osseux associé était partagé, et partagé par parties égales entre les deux frères et les deux sœurs. La symétrie la plus minutieuse, la régularité la plus parfaite résultaient de cette association insolite. Les squelettes ont

---

(1) Pl. XX, E, D, F.
(2) Pl. XX, *f*.
(3) Pl. XX, A, *a*, *b*.
(4) Pl. XX, A, *a'*, *b'*.

été représentés de manière à montrer au premier coup d'œil et le mécanisme de cette association et la part qui revient à chacun des enfants dans les parties complexes du système osseux (1).

Or on y voit aussi que chez les hépato-dymes coalescents, les associations s'opèrent par les bassins et les poitrines, et que lors même que celles-ci tendent à se dégager (2), les os coxaux se pénètrent et se compliquent de plus en plus, les têtes restant toujours dégagées.

Chez les hépato-dymes non coalescents, les associations du système osseux suivent une autre marche : les bassins sont toujours libres (3) et les têtes toujours pénétrées (4), lors même que, dans certains cas, les poitrines sont trouvées désassemblées; d'où il suit 1° que chez les coalescents, le dégagement des parties complexes s'effectue de haut en bas du tronc; 2° tandis que chez les non-coalescents la désassociation s'opère de bas en haut. Chez les premiers c'est le bassin qui reste le dernier pénétré; chez les seconds, c'est la tête qui demeure encore engagée quand déjà les troncs sont libérés. La tendance à la viabilité est manifeste chez les premiers; la tendance à la non-viabilité persiste chez les seconds jusques aux derniers moments, à cause de l'importance relative des parties qui se trouvent engagées.

---

(1) Voyez les planches XI et XX.
(2) Pl. XX, G.
(3) Pl. XXIV, fig. 1 et 2, G, E, *h*, L, M.
(4) Pl. XV, fig. 1, 3, 7, 8.

Article XXII.

Du système musculaire de Ritta-Christina et des hépato-dymes.

La poitrine et le bassin antérieurs étant composés par des os dont la moitié appartient à Ritta, et l'autre à Christina, les muscles qui suivent les os auxquels ils s'insèrent présentaient la même disposition. L'abdomen antérieur (1) avait, comme à l'ordinaire, ses deux rangées de muscles, l'une droite, l'autre gauche; mais une de ces rangées appartenait à l'une des filles, et l'autre provenait de sa sœur. Ces muscles conservaient leurs rapports et leurs dispositions naturelles; ils étaient perforés sur la ligne blanche pour laisser passer le cordon ombilical; les fibres des obliques et des transverses se dédoublaient comme de coutume, pour former les colonnes du canal inguinal, environnant chez nos filles le ligament rond, et les cordons testiculaires chez l'hépato-dyme mâle.

Les muscles sont quelquefois perforés comme les os; comme les os aussi, ils offrent parfois des anneaux ou des canaux, destinés à protéger soit les artères, soit les veines, soit les nerfs, soit des faisceaux formés par leur réunion. Ces trous et ces canaux musculaires résultent, comme ceux du système osseux, de l'adossement de doubles faisceaux musculaires, qui se contournent autour de l'organe qui doit être protégé. Les piliers du diaphragme peuvent servir de type; le double croisement de leurs faisceaux, en donnant

(1) Pl. I, E, B, B'.

naissance aux ouvertures œsophagiennes et aortiques, représentent la formation générale de toutes les perforations du système musculaire. C'est un résultat de la loi de conjugaison.

Or si les vaisseaux ou les nerfs viennent à manquer, les pièces qui forment les trous ou les canaux osseux tombent les unes sur les autres; les trous et les canaux s'oblitèrent, et le système osseux est imperforé là où d'ordinaire un canal le traverse. Il en est de même du système musculaire.

Supposez un abdomen sans cordon ombilical, sans ligament rond, sans cordon testiculaire, sa cavité restera close de toute part; il ne se formera ni ouverture ombilicale, ni canal inguinal; les faisceaux musculaires qui devaient les développer se pénétreront comme les os. C'est l'état dans lequel se trouvait l'abdomen postérieur de Ritta-Christina (1), celui de l'hépato-dyme mâle et de la plupart des monstres de ce genre qui ont été décrits par les anatomistes.

Cet abdomen postérieur était formé en haut par les muscles droits (2) représentant deux faisceaux charnus allongés, qui se confondaient inférieurement dans les fibres des obliques. Il existait entre eux un raphé qui simulait une portion de la ligne blanche.

Au-dessous de ces faisceaux on voyait le muscle oblique externe (3) dont les fibres les plus superficielles avaient une direction verticale; au-dessous celles de l'oblique interne se rapprochaient davantage de leur position accoutumée. In-

(1) Pl. IX, L, *c*, *d*, *d*, *a*.
(2) Pl. IX, *d*, *d*.
(3) Pl. IX, *l*, *c*.

férieurement., l'insertion de leurs fibres avait lieu sur le pourtour de la pièce osseuse (1) qui cloisonnait en arrière le bassin. Plus les muscles se rapprochaient de cet os, moins leurs fibres devenaient nombreuses. Les plans musculaires diminuaient ainsi graduellement de haut en bas, puisque dans le haut on trouvait une portion des muscles droits, qui manquaient dans le bas ainsi que les pyramidaux. La ligne blanche n'était pas sensible.

Chez l'hépato-dyme mâle les muscles droits de l'abdomen postérieur se prolongeaient jusques en bas; il ne manquait que les pyramidaux; les obliques et les transverses étaient bien développés; la ligne blanche était marquée dans toute son étendue; il n'y avait ni trou ombilical ni canal inguinal, par la raison que les vaisseaux ombilicaux et le cordon testiculaire manquaient; et au contraire l'anneau crural existait par la raison encore que des vaisseaux cruraux étaient présents au bas de cet abdomen postérieur.

Les muscles pectoraux n'offraient rien de particulier; le diaphragme séparait, comme à l'ordinaire, les poitrines de l'abdomen (2) : il était unique, mais dans cette unité on distinguait facilement la fusion des deux muscles qui concouraient à sa formation (3). La réunion s'était faite par leur partie antérieure (4); la partie postérieure ou vertébrale n'offrait rien de différent de l'état normal; elle présentait chez chacun des enfants la disposition qui est ordinaire à

(1) Pl. IX, *a*.
(2) Pl. V, *a*, *a*, *a*.
(3) Pl. II, *b*, *b*, *b*.
(4) Pl. V, *a*.

ce muscle. Il en était de même sur l'hépato-dyme mâle; les cavités pectorales étaient ainsi parfaitement distinctes de l'abdomen; dans les cas semblables rapportés par les auteurs, il est arrivé souvent que les viscères abdominaux ont pénétré dans le thorax par une ouverture insolite placée vers les points de réunion des deux diaphragmes. Ainsi constitué, ce muscle avait une résistance beaucoup plus puissante que celle que présente un diaphragme simple.

Il en était à peu près de même du muscle releveur de l'anus, qui forme au bas du bassin une autre sorte de diaphragme. On lui distinguait quatre bandes musculaires dont les antérieures étaient plus larges, et les postérieures plus étroites (1); la moitié des faisceaux musculaires provenait de *Ritta*, l'autre de *Christina*. En outre, plusieurs muscles venaient encore le fortifier à l'extérieur : en bas, les ischio-coccygiens (2) leur formaient un plan très-prononcé; au milieu, des faisceaux rayonnés (3) qui nous parurent les analogues des adducteurs des cuisses absentes, doublaient l'épaisseur de ce muscle; à l'extérieur de ce plan, il y avait encore des muscles transverses (4) et en forme d'arc de cercle, qui, étendus d'un sacrum à l'autre (5), donnaient à cette partie molle du bassin postérieur une résistance considérable. En dedans, les piramidaux et les jumeaux s'épanouissaient sur la partie supérieure de ce même releveur de l'anus, dont

(1) Pl. IX, *h*, *h*, *h*, *h*.
(2) Pl. IX, *h*, *h*.
(3) Pl. IX, *g*, *g*.
(4) Pl. IX, *f*, *f*, *g*, *g*.
(5) Pl. IX, *g*, *g*.

l'organisation musculaire avait acquis de cette manière une structure beaucoup plus forte que celle qui lui est ordinaire. L'anus était environné par des sphincters très-prononcés en arrière (1) et à peine sensibles en devant. Il résulte de cette disposition que la moitié des faisceaux musculaires constituant cet organe étaient fournis par l'un des enfants et la seconde moitié par l'autre ; organisation qui, quoique commune à toutes les parties complexes, n'en est pas moins remarquable.

Sans chercher à rattacher aux causes finales la structure que nous avons sous les yeux, on ne peut s'empêcher d'observer avec quel art la nature utilise tous les matériaux qui se trouvent à sa disposition. Dans l'état d'imperfection du bassin osseux postérieur de nos enfants (2), cette cavité se trouvait ouverte en arrière, à cause du déjettement des sacrum sur ses faces latérales : ce vide devait non-seulement être comblé, mais il devait l'être de manière à présenter en cet endroit un plan très-résistant, soit pour soutenir les viscères abdominaux, soit pour agir et dans l'acte de la défécation, et dans celui même de l'accouchement, si nos filles avaient assez vécu pour devenir mères. Or nous venons de voir par quel mécanisme elle atteint son but, en employant à cet usage des plans musculeux qui ordinairement ont une autre destination.

Ainsi les cuisses postérieures ayant manqué, les muscles fessiers (3) changent leur forme ; ils prennent comme de cou-

(1) Pl. IX, *i*, *i*.
(2) Pl. XI, P, Q.
(3) Pl. IX, *f*, *f*.

tume leur origine sur les sacrum (1) et une partie des os coxaux; puis ils se portent transversalement l'un vers l'autre, de manière à constituer un muscle semi-orbiculaire, qui bride fortement en arrière cette lacune du bassin. Il en est de même des muscles adducteurs de la cuisse (2) employés ici à une tout autre fonction; de même des iliaques et des psoas qui, en partant de la face interne de la pièce osseuse insolite (3), se dirigeaient sur les faces latérales du sacrum. Les muscles fémoraux avaient complètement changé leurs formes, leurs rapports ainsi que leur destination; et leur nouvelle forme, ainsi que leurs rapports nouveaux, concouraient tous à la distinction insolite qu'ils avaient à remplir chez nos enfants.

Chez l'hépato-dyme mâle le mécanisme était différent; le vide postérieur du bassin était rempli en partie par la grosse extrémité des deux fémurs réunis (4): cette pièce osseuse était le point d'insertion commun des muscles fessiers des pyramidaux des jumeaux, en dehors, et des psoas et des iliaques en dedans. Dans leur action, ces muscles fixaient cette pièce fémorale de manière à la rendre immobile comme l'eût été un sacrum. Chacun des enfants fournissait la moitié des muscles, comme il avait fourni la moitié des matériaux qui formait la pièce osseuse; la propriété devenait commune.

Les cuisses et les jambes de Ritta-Christina étaient au contraire une propriété particulière à chacun des deux en-

(1) Pl. IX, *g*, *g*.
(2) Pl. IX, *g*, *g*.
(3) Pl. XI, Q.
(4) Pl. XX, 6.

fants : la cuisse droite était à Ritta (1); ses muscles fessiers, pyramidaux, jumeaux, psoas, iliaques, adducteurs, etc., se rendaient de son os iliaque à son fémur propre; sa sœur n'entrait pour rien dans cette composition. La cuisse gauche appartenait à Christina (2), et les os comme les muscles lui étaient uniquement dévolus. Les jambes étaient libres comme les têtes, mais chaque tête n'avait qu'une jambe qui lui appartînt.

On aura remarqué sans doute que le releveur de l'anus de nos enfants, et le muscle fessier insolite situé en arrière (3), étaient des muscles orbiculaires ; or ces muscles étaient formés par la réunion de deux, qui en se pénétrant ont formé la courbe ou l'arc qu'ils représentent. Ce mécanisme de formation est général dans la myogénie. Tout muscle orbiculaire résulte de la jonction de deux muscles primitifs. Ainsi l'orbiculaire des paupières est formé par un demi-orbiculaire supérieur et un demi-orbiculaire inférieur. Ainsi, le diaphragme, qui est le plus vaste de cette espèce de muscles, résulte de la jonction de deux demi-diaphragmes. Ainsi les orbiculaires des lèvres sont d'abord deux demi-orbiculaires, isolés l'un de l'autre sur la ligne médiane. Cette formation manifeste dans le cours de l'embryogénie est rendue plus manifeste encore dans les cas de bec de lièvre chez les jeunes enfants. On trouve alors les deux muscles parfaitement isolés sur la ligne médiane; aussi isolés qu'ils le sont dans l'état ordinaire des animaux auxquels depuis long-temps la chirur-

(1) Pl. XI, n° 7.
(2) Pl. XI, n° 8.
(3) Pl. XI, *f, f.*

gie a emprunté le rapport qui sert de base à la distinction de cette maladie. Tels sont encore les sphincters de l'anus (1), les constricteurs du pharynx, le constricteur du vagin; l'anneau musculaire est formé dans tous ces cas par deux demi-anneaux, réunis et confondus sur la ligne médiane.

En définitive, il n'y a pas dans la nature une fibre musculaire complètement circulaire, et de là vient que toute ouverture, ou tout canal percé dans ce système organique, exige nécessairement pour sa formation le concours de deux ou de plusieurs muscles.

Cette règle est surtout applicable à la composition des muscles de la vie organique, qui presque toujours ont pour destination de revêtir ou de former des organes creux. La structure du cœur n'est inextricable (Haller, lower, Pechlin), que parce que l'on a persévéré à y trouver des fibres circulaires qui n'y existent dans aucune des périodes de sa formation. Le muscle circulaire de chaque ventricule est le résultat d'une succession de fibres obliques qui s'engrènent les unes dans les autres. Il en est de même de la couche musculeuse de la vessie, de l'estomac et des intestins. C'est même à cause de ce mécanisme de leur composition que ces organes peuvent se dilater outre mesure, ou diminuer sensiblement leur capacité intérieure, sans que la fibre musculaire soit gênée dans son action.

Les autres muscles de Ritta-Christina n'offraient rien de particulier.

---

(1) Pl. XI, *h*, *h*, *i*, *i*.

Article XXIV.

Du Système sanguin de Ritta-Christina et des hépato-dymes (complexes).

On connaît mes idées sur le système sanguin; elles dérivent de la loi centripète de formation, comme les opinions anciennes avaient été déduites de la loi centrifuge de développement. On avait supposé, d'après ces dernières, que les veines et les artères naissaient du cœur, de l'aorte et des veines caves; puisque ces troncs donnaient à leur tour naissance à leurs divisions, celles-ci à leurs subdivisions, et ainsi de proche en proche jusqu'au système capillaire. Les vaisseaux se terminaient ainsi dans les organes dans lesquels ils ne devaient se montrer qu'en dernier lieu. Selon nous, au contraire, les vaisseaux commencent dans les parties où l'on dit qu'ils se terminent; le système capillaire ouvre le champ des développements; les rameaux se forment ensuite; viennent enfin les branches et les troncs. Les rameaux s'insèrent sur les branches, les branches sur les troncs, et ceux-ci à leur tour s'implantent sur l'aorte. Ces deux idées sont opposées comme les principes dont elles sont l'expression : l'insertion des vaisseaux doit être substituée à leur origine, si d'une part nos vues sur l'organisation sont exactes, et d'autre part si l'on veut chercher à remplacer le vague qui existe sur les anomalies des vaisseaux par quelques rapports précis et constants sur leur singulière et fréquente variation. Le système sanguin des monstres ne pourrait d'ailleurs être com-

pris sans la connaissance de ces rapports (1). Ce qui précède, comme ce qui va suivre, exige donc que nous rappelions l'ordre que suit le système sanguin lors de son apparition et dans le cours de son développement (2).

Chacun sait que, chez les oiseaux, le système sanguin primitif se compose de la membrane vasculaire ombilicale, du cœur et de l'aorte. Chez l'animal parfait, ces parties diverses forment un tout continu; chez le jeune embryon elles sont séparées : le but des développements est de les réunir.

La membrane ombilicale se forme la première; sa manifestation procède de la circonférence au centre; de la 15^{e} à la 30^{e} heure de l'incubation, on suit le développement successif des capillaires artériels et veineux qui en forment la trame; les rameaux ne sont pas encore apparents; ceux-ci ne deviennent visibles que de la 30^{e} à la 36^{e} heure de l'incubation. A la 40^{e} et 45^{e} heures, on les voit se prolonger vers le haut des rudiments du cœur pour se mettre en rapport avec lui.

En même temps, et à partir de la 37^{e} à la 38^{e} heure, on distingue les troncs des artères ombilicales, qui de dehors en dedans se dirigent vers la partie moyenne du petit embryon; quand ils y sont parvenus, ils s'enfoncent sous la face abdominale du poulet, se placent à côté des noyaux

(1) Il en est de même des membranes vasculaires accidentelles que les altérations morbides des organes nous offrent si fréquemment en pathologie. Elles se développent toutes, comme la membrane ombilicale, hors de l'influence du cœur.

(2) Voyez, pour les détails, Anatomie transcendante, troisième et quatrième Mémoires.

vertébraux, en se dirigeant vers la tête; il y a ainsi deux troncs artériels, l'un droit, l'autre gauche (loi de symétrie), qui par leur jonction donnent naissance à l'aorte. Cette aorte rejoint une des extrémités du canal du cœur, de la même manière que les veines descendantes ont rejoint l'autre.

Le cœur est tout-à-fait étranger à ces premières formations; formé d'abord par deux replis tracés sur la face interne du capuchon (MM. Pander, Prevost et Dumas), et visibles seulement de la 35^{e} à la 38^{e} heure de l'incubation, il ne constitue un canal fermé et mobile qu'à la 38^{e} heure, d'après Malpighi, à la 46^{e} heure d'après Maître-Jean, et à la 40^{e} ou 42^{e} heure d'après nos recherches. Il est donc étranger au développement des vaisseaux de la membrane ombilicale, et de l'aorte, qui de deux points éloignés viennent s'implanter sur sa surface,

Pareillement, quand les deux aortes se sont placées au devant des noyaux vertébraux, elles ne présentent aucun vestige des artères intercostales; ces artères déjà distinctes sur les flancs du poulet, viennent successivement rejoindre l'aorte, de la même manière que les nerfs se portent sur la moelle épinière. Cette insertion est surtout distincte sur la courbure aortique, du 3^{e} au 4^{e} jour de l'incubation; cette courbure, dont les deux branches sont si apparentes, est d'abord et constamment privée de ses vaisseaux ascendants; on voit ceux-ci descendre de la tête le long du cou, et venir s'implanter sur cette partie bifurquée de l'aorte, par un procédé analogue à celui des artères intercostales. Le système sanguin forme alors un tout continu.

Or, de même que les capillaires ont ouvert la marche du développement de la membrane ombilicale, de même cet

ordre de vaisseaux se forme d'abord et primitivement dans toutes les parties de l'embryon. De même que dans la membrane ombilicale les capillaires forment des rameaux, des branches et des troncs, de même les capillaires des organes se réunissent en faisceaux de plus en plus volumineux, pour former le tronc qui représente l'organe.

Article XXV.

Règle de l'insertion des vaisseaux. Croisement de l'ensemble du système sanguin.

D'où il suit, premièrement, que l'insertion des vaisseaux s'effectue en raison directe du rapprochement du tronc qui doit les recevoir; secondement, que si le tronc de réception s'éloigne au-delà d'une certaine limite, les branches ou les rameaux se réunissent et s'insèrent en commun, au lieu de le faire séparément; et troisièmement, que dans le changement de position des organes, les artères qui les représentent changent également leur lieu d'insertion. Les variétés d'origine des artères rentrent dans l'une ou l'autre de ces trois conditions; celles de la courbure aortique vont nous servir d'exemple.

On sait que les artères qui s'élèvent de cette courbure sont très-variables; que le plus ordinairement elles sont au nombre de trois; que d'autres fois il y en a quatre, cinq ou même six; que d'autres fois enfin il n'en existe que deux. Ces cas ont été vus par tous les anatomistes : or la cause de cette augmentation ou de cette diminution réside dans l'abaissement ou l'élévation de la courbure aortique. Si la crosse s'élève de quelques lignes au-dessus de son niveau, la sous-cla-

vière droite se sépare de la carotide, et s'implante directement sur la crosse de l'aorte; si elle s'élève d'un demi-pouce ou d'un pouce, les vertébrales d'un côté ou des deux, ou les thyroïdiennes inférieures, viennent successivement s'implanter sur l'arc aortique. Si, au contraire, la crosse s'abaisse au-dessous de son niveau, les deux carotides se réunissent, d'où il arrive que le tronc brachio-céphalique a trois branches, et la crosse aortique deux seulement; elle peut même n'en recevoir qu'une seule, d'où partent les carotides et les sous-clavières. Nos deux enfants offraient des différences sous ce rapport dont il est facile de se rendre compte.

Chez Christina (1), la courbure aortique conservant son niveau et sa direction (2), il existe trois troncs, comme de coutume : le tronc brachio-céphalique à droite (3), la carotide (4) et la sous-clavière gauches (5); chez Ritta, la courbure ne s'étant pas formée au même degré (6), son élévation ayant dépassé de quelques lignes le niveau ordinaire, la carotide droite (7) s'est séparée de la sous-clavière (8); les quatre troncs sont ainsi restés isolés (9). Cet effet est plus manifeste encore chez l'hépato-dyme mâle; l'enfant de gau-

(1) Pl. II, B, *i*.
(2) Pl. IV, *f*, *g*, *i*, fig. 2.
(3) Pl. IV, *g*, fig. 2.
(4) Pl. IV, g', fig. 2.
(5) Pl. IV, *h*, fig. 2.
(6) Pl. IV, fig. 1, *f*.
(7) Pl. IV, fig. 1, *j*.
(8) Pl. IV, fig. 1, *d*.
(9) Pl. IV, fig. 1, *g*, *h*.

che (1), qui correspond à Christina, a, comme elle, sa courbure aortique et ses trois troncs comme dans l'état normal (2); l'enfant droit qui correspond à Ritta est plus anormal que cette dernière; car la courbure aortique (3) ayant atteint le plus haut degré d'élévation possible, il se détachait sept troncs de l'arc aortique (4) : en haut et en dessus, les deux carotides internes et les deux externes (5); en dessous, une artère bronchique, et sur les côtés les deux sous-clavières (6). On voit déjà que l'enfant gauche chez les hépato-dymes est toujours plus régulier que l'enfant droit. Si les crosses aortiques se croisent, comme on l'observe chez quelques hépato-dymes acomplexes (7), on voit encore, d'après ce principe, comment il peut se faire que le système artériel de l'un des enfants (8) vienne rejoindre la courbure aortique de son frère (9), de manière à rendre intime et indissoluble l'association des organismes des deux êtres.

Cette insertion successive des troncs artériels et veineux ne saurait avoir lieu dans l'état primitif des embryons sans une dépendance physique des systèmes vasculaires, l'un à l'égard de l'autre. Il faut en effet que les troncs de réception

---

(1) Pl. XVIII, A, Z.
(2) Pl. XIX, B, *a*, *g*.
(3) Pl. XVIII, *b*, B.
(4) Pl. XIX, A, A, B, C, D.
(5) Pl. XIX, A, D, E.
(6) Pl. XIX, H, *j*, A.
(7) Pl. XIII, fig. 1 et 2.
(8) Pl. XIII, fig. 1, *l*, *h*.
(9) Pl. XIII, fig. 1, *g*, *g*, *k*.

soient assujettis à leur place, pour que ceux d'implantation les y rencontrent au moment de leur insertion. Cette nécessité a donné lieu au rapport général et inverse des artères et des veines considérées dans le plan supérieur et inférieur de l'homme; c'est ce rapport qui s'exprime par le nom de *Croisement de l'ensemble du système sanguin.*

Toutes les anatomies descriptives font mention du rapport spécial des artères et des veines, en haut et en bas du tronc; nulle, à ma connaissance, n'a fait ressortir la disposition inverse qu'offre dans ces parties l'arrangement de ces deux ordres de vaisseaux. En haut les veines (1) sont appliquées sur les artères (2); en bas, au contraire, ce sont les artères (3) qui passent sur les veines (4). En haut les artères sont ainsi bridées et maintenues à leur place par le système veineux; en bas ce sont les artères (5) qui brident et maintiennent les veines; il ne peut se faire de déplacement dans les troncs de réception; car si vous vouliez déplacer le système artériel, les veines y opposeraient en haut un obstacle mécanique, et si vous cherchiez à enlever le système veineux, le même empêchement vous serait opposé en bas par les artères. Tout le système sanguin central reste ainsi à la place qui lui est assignée.

Ce croisement des artères et des veines est assujetti lui-même à la position du foie et du cœur, de telle sorte que si

---

(1) Pl. XIX, B, *e*, *g*.
(2) Pl. XIX, B, *a*, *c*.
(3) Pl. XIX, *m*, *n*, B.
(4) Pl. XIX, L, L, A.
(5) Pl. V, *q*, *r*, *z*, *g*, *i*, *b*.

vous retournez ces deux organes, tout le système sanguin se retourne avec eux, et les précédents rapports se font en sens inverse, c'est-à-dire qu'en haut les artères passent sur les veines, tandis qu'en bas ce sont ces dernières qui se superposent sur les artères. Ce changement de rapport se remarque dans les cas de transposition des viscères.

L'anatomie normale s'occuperait à peine de ces changements, qui sont cependant d'une telle importance que, sans eux, les conditions de formation et de viabilité des êtres associés ne pourraient être conçues, puisque nous avons montré que dans cette association l'un des enfants a ses viscères dans leur position normale, tandis que l'autre les a transposés. Or, d'après ce qui précède, le croisement du système sanguin doit donc se faire en sens inverse sur l'enfant de droite et sur celui de gauche.

Ainsi, chez l'enfant de gauche, les veines supérieures qui se rendent au cœur (1) passent sur les artères; chez l'enfant de droite elles passent dessous (2). Chez l'enfant gauche les artères iliaques sont appliquées sur les veines (3); chez l'enfant droit ce sont les veines qui s'appliquent sur les artères (4). Chez Christina, l'artère pulmonaire (5) couvre l'origine de l'aorte (6); chez Ritta, c'est l'aorte (7) qui couvre l'origine de

(1) Pl. XIX, B, *e*, *f*, *g*.
(2) Pl. XIX, *j*, *f*, A.
(3) Pl. XIX, *m*, *n*, B.
(4) Pl. XIX, L, K, A.
(5) Pl. XI, *j*, *c*.
(6) Pl. XI, *i*, *c*.
(7) Pl. II, *i*, R.

l'artère pulmonaire (1). Chez Christina, les artères iliaques primitives (2) sont superposées sur les veines iliaques (3); chez Ritta, ce sont les veines iliaques (4) qui se superposent sur les artères (5). Ce double entre-croisement est surtout remarquable dans la région par laquelle s'opère l'association des organismes et où se trouvent les organes complexes, comme on l'observe dans le bassin de Ritta-Christina (6), et mieux encore chez l'hépato-dyme mâle (7), dont la disposition est remarquable sous ce rapport. Il est difficile de méconnaître le but de ce croisement de l'ensemble du système sanguin, lorsque l'on cherche, sans idées préconçues, à se rendre compte des formations normales et anormales de l'organisation.

Le système sanguin de nos hépato-dymes, qui dans l'ancienne anatomie paraîtrait inextricable par ses anomalies, rentre de toute part dans les règles de formation, et devient régulier, si l'on a égard à la transposition qui a dû s'opérer dans l'un des enfants, et toujours le même, celui de droite. L'enfant gauche a ses vaisseaux dans la position et les rapports d'un enfant ordinaire; l'enfant droit les présente dans les rapports et la position d'un enfant dont les viscères auraient passé de droite à gauche. Il n'y a de différence que

(1) Pl. II, *j*, R.
(2) Pl. VIII, *j*, *k*, *l*.
(3) Pl. VIII, *y*.
(4) Pl. VII, *v*.
(5) Pl. VIII, *j*.
(6) Pl. V et VIII.
(7) Pl. XIX, K, L, M, N.

dans les modifications de la position des cœurs maintenus dans l'un des rapports primitifs de leur développement embryonnaire. C'est d'après cette donnée fondamentale que l'on doit juger les descriptions qui suivent.

L'artère aorte de Christina (1), placée au-dessus de l'artère pulmonaire (2) dans la position acquise du cœur, se courbait de droite à gauche (3), comme dans l'état normal, après que cet organe avait été remis dans la direction qu'il aurait eue (4) sans la pénétration des deux thorax. Après avoir produit les branches ascendantes ordinaires (5), elle se portait sur le côté gauche de la colonne vertébrale, devenait descendante; ce changement de direction opéré, elle suivait jusqu'au-dessous des piliers du diaphragme une marche oblique qui la portait vers le milieu du corps des vertèbres (6); elle conservait cette position jusqu'à sa bifurcation (7) qui s'effectuait à sa manière ordinaire, au niveau de la troisième vertèbre lombaire.

Dans ce trajet, l'aorte pectorale fournissait les artères qui lui sont propres; l'aorte abdominale produisait d'abord le tronc céliaque (8), un peu déjeté à droite par la traction qu'exerçait sur elle le foie; ce tronc se divisait en trois branches, dont la droite se rendait dans le foie, et la gauche dans

(1) Pl. II, *i*, *c*.
(2) Pl. II, *j*, *c*.
(3) Pl. IV, *l*, *f*, fig. 2.
(4) Pl. IV, *k*, *h*, fig. 2.
(5) Pl. IV, fig. 2, *g*, *h*, *m*.
(6) Pl. V, *k*, B.
(7) Pl. V, *q*, *r*, *z*.
(8) Pl. V, *l*, B.

la rate. Un peu au-dessous naissaient les deux diaphragmatiques inférieures (1); la droite envoyait des branches au corps surrénal droit (2); puis venait la mésentérique supérieure (3), puis l'inférieure (4) : celle-ci était unique et commune aux deux enfants. Au côté externe gauche se détachait une artère rénale (5), qui avant de pénétrer dans le rein se divisait en trois branches distinctes (6). L'artère rénale droite manquait, ainsi que le rein droit; l'artère rénale gauche fournissait la capsulaire, qui allait dans le corps surrénal gauche (7).

Du point de la bifurcation inférieure de l'aorte se détachaient trois troncs, les deux iliaques primitives (8) et la sacrée moyenne (9). Des deux iliaques, la gauche avait son volume ordinaire; la droite était au contraire atrophiée (10), et la sacrée moyenne avait dépassé le volume qu'on lui observe ordinairement à cet âge.

L'aorte de Ritta (11), après avoir recouvert l'origine de l'artère pulmonaire, se portait de gauche à droite, et se plaçait sur le côté droit de la colonne vertébrale (12); elle suivait

(1) Pl. V, P, B.
(2) Pl. V, *d*, P, B.
(3) Pl. V, *m*, B.
(4) Pl. V, *n*, B.
(5) Pl. V, *o*, B.
(6) Pl. V, *b''*, B.
(7) Pl. V, D, *o*, B.
(8) Pl. V, *t*, *z*, B.
(9) Pl. V, *y*, B.
(10) Pl. V, *z*, B.
(11) Pl. IV, *f*, fig. 1.
(12) Pl. V, A, *i*.

ensuite une direction inverse de celle de Christina et parvenait de cette manière sur la partie antérieure des vertèbres. Arrivée au-dessous des piliers du diaphragme, elle produisait le tronc céliaque (1), déjeté à gauche par la traction qu'exerçait sur elle le foie. Ce tronc se divisait en trois branches; l'artère hépatique se portait à gauche, et la splénique à droite.

Au-dessous de la céliaque naissaient les deux diaphragmatiques inférieures (2), qui l'une et l'autre fournissaient les capsulaires (3); au-dessous des capsulaires, et au même niveau, la partie droite de l'aorte donnait naissance à l'artère rénale droite (4), et sa partie gauche à la mésentérique supérieure (5). L'artère rénale gauche manquait; il n'y en avait nul vestige; il n'y avait également nul vestige de l'artère mésentérique inférieure.

Les deux mésentériques supérieures de Ritta-Christina, logées dans les deux lames du mésentère, s'abouchaient par arcade au niveau de la jonction des deux intestins grêles (6); ces deux artères formaient une courbe dont la convexité était en bas et la concavité en haut. Toute la partie du canal intestinal à laquelle ces artères correspondent était régulièrement développée chez les deux enfants (7), tandis qu'il y avait une imperfection marquée dans celle qui est sous la

(1) Pl. V, A, *j*.
(2) Pl. V, A, *m*, *b'*.
(3) Pl. V, *m*, *b'*, *b'*.
(4) Pl. V, A, *l*.
(5) Pl. V, A, *k*.
(6) Pl. III, *m*, *m*.
(7) Pl. VII, *e*, *e*.

dépendance des mésentériques inférieures (1), par la raison que l'une de ces artères était absente. Ce rapport de l'existence des artères et des organes, s'est déjà montré; car les quatre artères diaphragmatiques coexistent avec les deux diaphragmes, les deux hépatiques avec les deux foies coalescents, les deux spléniques avec les deux rates, les deux coronaires stomachiques avec les deux estomacs, les deux mammaires internes (2) avec les deux sternum coalescents. Tandis que nous voyons le rein droit de Christina manquer ainsi que son artère, et l'absence de l'artère rénale gauche de Ritta entraîner l'absence du rein du même côté.

A cela près, peu de variations importantes se faisaient remarquer dans la distribution des artères aortiques jusqu'au point de sa bifurcation inférieure; mais comme c'est vers cette bifurcation que s'était opérée la pénétration des bassins, c'est vers cette région aussi que se montrent les anomalies les plus remarquables.

Ainsi, de l'iliaque primitive droite de Christina partait une branche qui se dirigeait en arrière et qui se portait vers l'abdomen postérieur (3). Cette branche était évidemment une épigastrique rudimentaire. L'artère iliaque primitive gauche de Ritta (4), beaucoup plus grêle que la précédente, produisait une épigastrique plus grêle encore, d'où résultait la faiblesse inférieure de cet abdomen postérieur. Cette iliaque de Ritta traversait ensuite le corps de la dernière vertèbre

(1) Pl. VII, *c*, *c*, E, F.
(2) Pl. X, fig. 1, *bb*, *ee*.
(3) Pl. VIII, *l*.
(4) Pl. VIII, *u*.

lombaire (1), et s'abouchait avec une artère de Christina. Cette branche de Christina (2), très-forte, recevait d'abord celle de sa sœur, puis elle se portait en travers pour aller réjoindre à son tour des branches de Ritta. De cette manière, les deux systèmes artériels de nos enfants tombaient l'un dans l'autre dans le bassin, les colonnes sanguines passaient de l'une à l'autre par le mécanisme analogue à celui des artères communicantes de l'encéphale. Ces branches, que Haller considérait comme des artères nouvelles, ne sont en effet que des communicantes formées avec les artères normales des deux enfants. La communication a lieu ici de la même manière que pour les deux mésentériques supérieures (3).

Après la production de ce tronc, l'artère de Christina, qui est une branche de l'hypogastrique, se plongeait au fond du bassin, où elle envoyait une branche dans l'utérus postérieur (4) et en recevait une de sa sœur qui venait de cet organe; l'exiguïté de ces branches était en rapport avec l'exiguïté de cet utérus, formé, comme on le voit, moitié par un des enfants, et moitié par l'autre. Le rameau devenait ensuite une hémorroïdaire moyenne qui gagnait le rectum. Enfin il se terminait par deux ramuscules (5) qui sortaient en arrière du bassin postérieur; ces ramuscules étaient la terminaison des artères fessières. Il n'y avait nul vestige d'ar-

(1) Pl. VIII, *n*.
(2) Pl. VIII, *m*.
(3) Pl. III, *m*, *m*.
(4) Pl. VIII, *h*, *h*.
(5) Pl. XI, R.

tère vésicale en arrière, par la raison qu'en arrière il n'y avait pas de trace de vessie. Les sacrées moyennes de Ritta (1) et de Christina (2) se divisaient, comme elles le font chez les enfants de cet âge : on voit donc que les deux artères iliaques rudimentaires de nos enfants, coïncidaient avec l'état rudimentaire du bassin postérieur et de ses organes. Nous allons voir présentement les iliaques gauche de Christina (3) et la droite de Ritta (4) se comporter comme elles le font chez un enfant ordinaire.

L'iliaque primitive gauche de Christina, arrivée au niveau de l'articulation sacro-iliaque, se divisait en iliaque externe (5) et iliaque interne ou hypogastrique (6). Cette dernière produisait les artères fessières ischiatiques obturatrices, les hémorroïdaires, la vaginale (7), un tronc commun d'où partaient l'utérine et la vésicale (8); elle se continuait ensuite avec l'artère ombilicale (9), dont le calibre était encore si volumineux qu'elle semblait elle-même donner naissance à l'hypogastrique et à ses branches, comme on l'observe chez le jeune embryon. L'iliaque externe se prolongeait ensuite jusqu'à l'entrée du canal crural; là elle produisait en dehors l'artère circonflexe iliaque, et en dedans l'épigas-

(1) Pl. VIII, *a*, *t*.
(2) Pl. VIII, *a*, *l*.
(3) Pl. V, *c*, *q*.
(4) Pl. V, R, *q*.
(5) Pl. V, S, B.
(6) Pl. V, *b*, B.
(7) Pl. V, *u*, *u*, *u*, B.
(8) Pl. V, *x*, B.
(9) Pl. V, *v*, B.

trique, puis venait la fémorale dont les divisions répétaient celles que l'on décrit dans l'état normal. De cette manière, la moitié du rectum, de la vessie, de l'utérus, du vagin, la moitié du bassin et toute la cuisse gauche, recevaient leurs branches artérielles de Christina.

La cuisse droite, la moitié du bassin du même côté, la moitié droite du vagin, de l'utérus, de la vessie et du rectum, recevaient de Ritta la seconde moitié de leurs artères (1), dont la disposition était aussi régulière et aussi symétrique qu'elles le sont chez un enfant unique. Enfin chaque ovaire avec sa trompe et son pavillon avait son artère propre; la droite provenait de Ritta et la gauche de Christina.

Les veines suivaient exactement la même distribution; la fémorale de Christina (2) se subdivisait dans la cuisse; l'hypogastrique (3) fournissait autant de branches qu'il y avait d'artères; l'iliaque externe (4) et l'hypogastrique formaient ensuite la veine iliaque primitive (5); celle-ci jointe à sa congénère (6) donnait naissance à la veine-cave inférieure (7). Cette grande veine, placée comme à l'ordinaire au côté droit de l'aorte, montait le long de la colonne vertébrale, recevant à droite et à gauche les veines qui avaient accompagné les artères. La rénale gauche (8), les capsulaires,

(1) Pl. V, *s*, *b*, *u*, *u*, *u*, *v*, A.
(2) Pl. V, *h*, B.
(3) Pl. V, *i*, B.
(4) Pl. V, *i*, *g*, B.
(5) Pl. V, *g*, B.
(6) Pl. V, *j*, B.
(7) Pl. V, *e'*, *d*, B.
(8) Pl. V, *f*, B.

les hépatiques (1); puis elle débouchait dans l'oreille droite (2).

Dans le bassin une grosse veine accompagnait l'artère transversale de Christina (3), et servait, comme elle, de moyen de communication au système sanguin ; comme elle aussi elle envoyait des rameaux aux parties du bassin postérieur, où elle se terminait en arrière (4).

Les veines de Ritta se comportaient comme celles de sa sœur, à l'exception de la transposition que nous avons déjà énoncée. Du reste, la fémorale, les iliaques externes, internes et primitives suivaient la distribution des artères correspondantes (5); la veine cave inférieure se plaçait à la gauche de l'aorte, en sens inverse de celle de Christina; elle recevait la veine rénale droite (6) et les hépatiques (7), puis elle débouchait dans l'oreillette droite (8) du cœur correspondant (9). Nous ne devons pas omettre de faire remarquer que les veines manquaient partout où les artères ne s'étaient pas développées. Telle était la disposition des veines caves inférieures de nos deux enfants.

Celle des veines caves supérieures présentait quelques particularités que leur voisinage du cœur rendait importantes. Chez Christina, elle se comportait comme à l'ordi-

---

(1) Pl. V, *e*, *e*, B.
(2) Pl. V, *d*, B.
(3) Pl. VIII, *c*.
(4) Pl. XI, R.
(5) Pl. V, *h*, A.
(6) Pl. V, *f*, A.
(7) Pl. V, *e*, *e*, A.
(8) Pl. V, D, A.
(9) Pl. V, *b*, A.

naire (1); mais, chez sa sœur, cette veine offrait une anomalie bien rare. Il y avait deux veines caves supérieures, l'une à droite (2), l'autre à gauche (3): la première débouchait dans l'oreillette du cœur artériel (4); la seconde se rendait dans l'oreillette du cœur veineux (5) (car on n'a pas oublié que le cœur de Ritta était transposé). Il y avait également deux veines azygos (6). La duplicité de cette dernière veine a souvent été observée: je ne sache pas que l'on ait rapporté d'exemple de deux veines caves supérieures chez l'homme, bien que cette dualité soit un résultat de la loi de symétrie; mais chez l'embryon humain, elle disparaît si promptement qu'à peine l'a-t-on remarquée. Au reste, cette condition des veines caves supérieures de Ritta rappelle celle du porc-épic et de l'éléphant chez les mammifères, celle du plus grand nombre des oiseaux, la double cave supérieure des sauriens et des batraciens chez les reptiles, et surtout celles des poissons, qui, chacune, ont leur insertion isolée.

L'artère pulmonaire de Christina (7) était un peu plus volumineuse qu'elle ne l'est à cet âge; après avoir contourné l'origine de l'aorte, elle fournissait ses deux branches accoutumées; de sa convexité s'élevait un ligament fibreux, qui allait rejoindre la fin de la concavité de l'arc aortique. Ce

(1) Pl. IV, *l*, *e*, fig. 2.
(2) Pl. IV, fig. 1, O, R.
(3) Pl. IV, fig. 1, *m*, R.
(4) Pl. IV, fig. 1, *d*, R.
(5) Pl. IV, fig. 1, *m*, *e*, R.
(6) Pl. IV, fig. 1, *n*, *p*, R.
(7) Pl. IV, fig. 2, *j*.

ligament était le reste du canal artériel (1). L'artère pulmonaire de Ritta (2) formait plutôt une poche qu'un vaisseau; elle avait huit lignes de large sur neuf de long; cachée d'abord par l'aorte, elle se divisait en trois branches: deux latérales plus petites, qui se rendaient dans les poumons, et une moyenne plus grosse (3), qui allait s'aboucher dans l'aorte (4). Cette dernière était le canal artériel, dont les dimensions s'étaient maintenues au point où elles sont dans la première moitié de la vie utérine.

On voit déja que Ritta était frappée d'un arrêt de développement, dont nous allons retrouver les effets dans la structure du cœur.

Les cœurs de nos deux enfants étaient logés dans le même péricarde (5); leur situation était transversale, les pointes dirigées l'une vers l'autre (6), tandis que leurs bases étaient opposées (7). Les pointes de ces organes chevauchaient l'une sur l'autre; celle de Christina était déjetée à droite, et celle de Ritta à gauche; d'où il résultait que le ventricule pulmonaire de Ritta (8) se trouvait en contact avec le ventricule aortique de sa sœur (9). Le ventricule de Ritta était déprimé dans toute la partie qui touchait celui de Christina; sa pointe

(1) Pl. IV, fig. 2, K.
(2) Pl. IV, fig. 1, K.
(3) Pl. IV, fig. 1, *l*.
(4) Pl. IV, fig. 1, *j*.
(5) Pl. II, *a*.
(6) Pl. II, *d*, *h*.
(7) Pl. II, *i*, *i*, *j*, *j*.
(8) Pl. II, *h*, A.
(9) Pl. II, *d*, B.

chez Christina (1) était mousse, chez Ritta était beaucoup plus effilée (2). En général le cœur de Christina était plus volumineux que celui de Ritta; les proportions des ventricules étaient celles d'un enfant de cet âge, tandis que chez Ritta, le ventricule droit prédominait de beaucoup sur le gauche (3).

Cette position des deux cœurs était forcée, bien que nécessitée par leurs rapports naturels; aussitôt, en effet, que le péricarde et le foie furent enlevés, on vit ces organes reprendre leur situation respective : celui de Christina se porta à gauche (4); celui de Ritta (5) continua de s'incliner à droite: ce fut dans cette position que les rapports normaux de l'un et anormaux de l'autre furent surtout sensibles.

On vit manifestement le ventricule et l'oreillette pulmonaires de Christina (6) situés à droite, et le ventricule aortique avec son oreillette (7) placés à gauche; tandis que chez Ritta, l'oreillette et le ventricule aortiques (8) étaient à droite, et le ventricule pulmonaire avec son oreillette (9) se trouvaient placés au côté gauche du thorax. Le cœur de Christina était dans sa situation normale; celui de Ritta se trouvait transposé et retourné de gauche à droite. Or, ces situations en

(1) Pl. IV, fig. 2, *c*, *b*.
(2) Pl. IV, fig. 1, *c*.
(3) Voyez pl. II, *c*, *d*, *h*, *f*; pl. IV, fig. 1 et 2, *c*, *b*, *c*, *b*.
(4) Pl. IV, fig. 2, *c*, *b*.
(5) Pl. IV, fig. 1, *b*, *c*.
(6) Pl. IV, fig. 2, *c*, *e*, *l*.
(7) Pl. IV, fig. 2, *b*, *d*, *j*.
(8) Pl. IV, fig. 1, *b*, *d*.
(9) Pl. IV, fig. 1, *c*, *k*, *e*.

avaient commandé d'autres ; d'où l'on voit pourquoi l'aorte de Christina était au côté gauche de la colonne vertébrale, et la veine cave inférieure à droite, tandis que l'inverse existait, et devait exister chez sa sœur (1).

La régularité est chez Christina ; l'irrégularité chez Ritta, à l'intérieur comme à l'extérieur du cœur : chez la première, les veines caves, supérieures et inférieures, s'ouvraient comme de coutume dans l'oreillette droite (2) ; chez la seconde, l'une des veines caves supérieures s'ouvrait dans l'oreillette gauche (3) en premier lieu ; puis en second lieu, la cloison auriculaire était perforée de trois ouvertures béantes et sans valvules (4), de sorte que les deux oreillettes n'en faisaient qu'une. Cette imperfection de développement était encore un état embryonnaire de la cloison auriculaire. L'ouverture du canal artériel dans l'aorte était libre comme elle l'est dans les premiers mois de la vie utérine.

Ainsi, chez Ritta, le sang artériel et veineux se trouvaient dans un mélange continuel ; ce qui, d'une part, explique la coloration légèrement bleue de la face, et de l'autre, rend raison de sa faiblesse, comparativement à l'état prospère de sa sœur. Il est même probable que Ritta n'eût vécu que quelques jours sans son association à Christina ; mais le sang que celle-ci envoyait à sa sœur par les communications que nous avons décrites dans le bassin, a diminué sans doute l'influence délétère du mélange des deux circulations de Ritta.

---

(1) Voyez, pour ces situations, la planche V.

(2) Pl. VI, fig. 3, *a*, *b*, *c*, *e*, *e*, *f*.

(3) Pl. VI, fig. 2, *b*, *c*.

(4) Pl. VI, fig. 2, *c*, *d*, *d*.

Le logement des cœurs dans le même péricarde est loin de rendre raison de l'isochronéité des pulsations observées pendant la santé des enfants ; on peut même dire que cette circonstance est presque étrangère à ce résultat. Cette isochronéité dépendait en effet de la simultanéité de la respiration de Christina et de sa sœur, laquelle, à son tour, avait sa cause dans l'enclavement des deux poitrines l'une dans l'autre, et dans la disposition des quatre poumons autour des deux cœurs.

Des deux poumons de la poitrine antérieure, le droit (1) appartenait à Ritta, le gauche à Christina (2); dans la poitrine postérieure, au contraire, le gauche était à Ritta (3) et le droit à sa sœur (4). Pour que la respiration eût lieu dans chaque paire de poumons, il était donc indispensable que leur dilatation et leur resserrement eût lieu au même instant. Le mouvement était instantané dans toute la poitrine; or, la circulation se modelant sur la respiration, son impulsion, par les deux cœurs, devait être et était aussi instantanée. Supposer le contraire, supposer la respiration plus active dans une paire de poumons que dans l'autre, l'harmonie précédente sera aussitôt rompue; car le cœur de ces poumons, se mettant en rapport avec eux, la circulation sera hâtée d'un côté, tandis que de l'autre elle restera stationnaire; il n'y aura plus d'accord entre les deux circulations et les deux respirations. C'est ce qui arriva à nos deux en-

(1) Pl. II, A, K.
(2) Pl. II, K, B.
(3) Pl. II, A, K.
(4) Pl. II, B, K.

fants : Ritta fut prise d'une bronchite aiguë ; la toux, la gêne de la respiration, qui en furent la suite, agirent bientôt sur la circulation. La peau devint chaude, les pouls cessèrent d'être isochrones ; celui de Ritta battait cent vingt fois par minute, celui de Christina restait à cent deux et cent trois. Une lutte forcée s'établit dès lors entre la maladie de l'un des enfants et l'état de santé de l'autre. Christina résista quelques jours ; elle partagea ensuite le malaise qu'éprouvait sa sœur. La veille de sa mort, Ritta refusa le sein de sa nourrice : la difficulté de respirer était extrême, elle était pâle, les yeux entr'ouverts et ternes, les ailes du nez immobiles ; la face et le col étaient couverts d'une sueur froide, la sensibilité générale était éteinte, la jambe et le pied étaient infiltrés. Christina paraissait encore vivace à côté de sa sœur cadavérisée ; quoique sa respiration fût précipitée, elle prenait le sein. Elle venait de le quitter, quand Ritta cessa de vivre, après quelques mouvements convulsifs. Christina s'éteignit quelques instants après, presque étrangère à une maladie qui lui devenait si funeste (1). La rougeur du tissu des poumons de Ritta, celle de la membrane des bronches, accompagnée d'un peu de ramollissement, rendirent raison des dernières scènes de la vie associée de nos deux enfants (2).

---

(1) Voyez la note déja citée de M. le docteur Martin St.-Ange.

(2) Je crois devoir citer ici quelques exemples de vie associée qui me paraissent avoir été bien constatés : 1° Celui décrit par Buchanan, et qui vécut à la cour de Jacques III, roi d'Écosse, jusqu'à l'âge de 28 ans ; 2° un second que Martin Martinez observa à Madrid en 1723 ; 3° l'enfant vu par Sigebert, et qui ressemblait à Ritta-Christina : l'un mangeait, l'autre

ARTICLE XXVI.

Du système sanguin de l'hépato-dyme mâle.

Un fait physiologique domine les autres dans la question de la viabilité ou de la non-viabilité des enfants doubles: c'est celui de la séparation ou du mélange du sang noir et du sang rouge. Si chez l'un des enfants cette séparation est tranchée, sa viabilité peut suffire au défaut de celle de son frère; c'était le cas de Christina à l'égard de sa sœur. Si au contraire aucun des enfants n'a ces deux circulations distinctes, la mort est inévitable, par la raison qu'ils ne sont viables ni l'un ni l'autre. Le système sanguin de notre hépato-dyme mâle (1) justifie cette proposition.

Le cœur de l'enfant gauche (2), moins volumineux que celui d'un enfant ordinaire, recevait, comme celui de Ritta, deux veines caves supérieures, l'une venant de la partie droite de la tête (3), l'autre de la partie gauche (4). La pre-

---

ne mangeait pas ; ils se battaient souvent, comme le faisait celui qui vécut à la cour de Jacques III. L'un étant mort, l'autre survécut encore quatre jours; 4° en outre, voyez celui dont parle St. Augustin, *Civit. Dei*, lib. XI, cap. 4; Riolan, cap. 5; Ruff., *Generatio hominis*, lib. V, cap. 3; Cœlius Rodiginus, lib. VI, obs. 5.

(1) Cet enfant fut reçu par notre célèbre accoucheur M. le professeur Moreau, à la bienveillance duquel je dois la possibilité d'en avoir fait l'anatomie avec le soin et les détails qu'exige l'état présent de la science.

(2) Pl. XVIII, A, V.

(3) Pl. XVIII, n° 7.

(4) Pl. XVIII, n° 8.

mière s'insérait dans l'oreillette droite (1), la seconde dans l'oreillette gauche (2); la cloison auriculaire était également ouverte, de sorte que les deux circulations n'en faisaient qu'une; le sang noir se mêlait au sang rouge, et par ces communications, et par le canal artériel très-court dont l'ouverture s'en faisait dans l'aorte, vers son lieu accoutumé. L'enfant gauche devant, chez ces hépato-dymes, compenser l'imperfection de l'enfant droit, et celui-ci se trouvant impropre à la vie extérieure, la mort survint immédiatement après la sortie de l'utérus.

MM. Cuvier et Meckel ont observé, avec raison, que les anomalies des veines sont moins fréquentes que celles des artères; la proposition contraire est peut-être l'expression de la vérité chez les hépato-dymes. Elle l'est du moins à l'égard de celui que nous décrivons; car la veine ombilicale, après avoir pénétré dans le sillon horizontal du foie et communiqué avec les veines portes et hépatiques, traversait le diaphragme, et s'ouvrait ensuite à la partie inférieure de l'oreillette droite de l'enfant gauche, sans avoir communiqué avec la veine cave inférieure.

Celle-ci présentait à son tour une anomalie plus singulière: elle naissait du haut de l'oreillette droite (3); au côté droit de l'aorte, formait une courbure analogue à celle de la crosse, et gagnait ainsi le côté droit de la région dorsale de la colonne vertébrale. Au point de son départ, elle recevait le tronc de la sous-clavière et de la jugulaire droite (4), puis

(1) Pl. XIX, P, B.
(2) Pl. XIX, O, B.
(3) Pl. XIX, P, *f*, B.
(4) Pl. XIX, *e*, *f*, B.

elle s'enfonçait dans la poitrine, comme nous venons de l'indiquer. Là, elle recevait les intercostales, et, avant de pénétrer dans l'abdomen, elle se divisait en deux troncs (1), l'un droit, l'autre gauche. Ce dernier (2) était moins fort que le premier; il se plaçait immédiatement au-dessous de l'aorte, longeait le côté gauche de cette artère, jusqu'au niveau de la partie externe du détroit supérieur du bassin. En cet endroit elle fournissait l'hypogastrique et ses branches, puis l'épigastrique, puis la fémorale (3). Le tronc, plus volumineux (4), semblait être la continuation de la veine cave inférieure; il pénétrait dans l'abdomen avec l'aorte située à la droite de cette artère; il fournissait la veine rénale droite, la gauche provenait de l'autre branche. Parvenue à la fin de la région lombaire, la veine se courbe en dedans, se porte transversalement de droite à gauche, à la rencontre d'un tronc semblable (5) qui vient du sujet situé à droite. Ce tronc veineux, insolite, d'un volume aussi gros que l'artère pulmonaire, n'est autre que les deux veines caves inférieures abouchées l'une dans l'autre. Du haut de cette veine partaient des branches qui formaient les veines épigastriques de l'abdomen postérieur; puis en arrière des rameaux, qui sont les analogues des fémorales et qui pénétraient dans les membres pelviens situés en arrière. Enfin, de la partie inférieure (6) se détachait un

(1) Pl. XIX, *t*, B.
(2) Pl. XIX, 8, B.
(3) Pl. XIX, I, B.
(4) Pl. XIX, *t*, B.
(5) Pl. XIX, L, A.
(6) Pl. XIX, 11, A, B.

tronc assez fort, lequel bientôt se divisait en deux branches ; chacune de ces branches était l'hypogastrique du bassin postérieur.

Arrivée au bas de la région lombaire du fœtus droit, cette veine fournissait au tronc, qui se dirigeait en bas en passant sur l'artère (1), et se portait sur le côté droit du bassin de cet enfant. Là, il se subdivisait en deux branches (2), dont l'une était l'hypogastrique, et l'autre l'iliaque externe, d'où naissait la fémorale qui se répandait dans la cuisse droite (3).

Après avoir fourni ces diverses veines, le rameau communiquant devenait la veine cave inférieure du fœtus droit (4). Elle montait le long de la colonne vertébrale, placée à la gauche de l'aorte, en sens inverse de la précédente, à cause de la transposition viscérale ; elle produisait, dans l'abdomen, les lombaires et les rénales, puis elle pénétrait dans la poitrine avec l'aorte. Arrivée dans cette cavité, elle se divisait en deux branches d'égale grosseur, l'une droite, l'autre gauche. La première passait derrière l'aorte, et s'élevait jusqu'au niveau de la première côte, où elle recevait la sous-clavière et les jugulaires (5) ; elle débouchait ensuite dans l'oreillette de la poche qui remplaçait le cœur. La seconde se comportait à gauche de la même manière (6), en s'ouvrant isolément dans l'oreillette.

---

(1) Pl. XIX, L′, A.
(2) Pl. XIX, M, A.
(3) Pl. XIX, *γ*, A.
(4) Pl. XIX, L, *f*, I, A.
(5) Pl. XIX, I, J, A.
(6) Pl. XIX, F, A.

Nos deux enfants avaient ainsi des veines caves supérieures doubles; et quant à l'inférieure, l'un l'avait double dans l'abdomen et simple dans la poitrine; l'autre l'avait simple dans l'abdomen, tandis qu'elle se dédoublait dans la poitrine: ces faits, si divers en apparence, ne sont que des persistances de la loi de symétrie du système veineux.

Le système artériel, quoique irrégulier sur beaucoup de points, l'était moins cependant que le système veineux. L'aorte (1) de l'enfant gauche s'élevait du ventricule gauche, et produisait immédiatement les deux coronaires; elle décrivait ensuite sa courbure de droite à gauche, et recevait dans ce trajet le canal artériel. Elle se plaçait à la gauche de la colonne vertébrale jusqu'aux piliers du diaphragme; en cet endroit, elle devenait plus antérieure et se divisait, au bas de la région lombaire, en deux troncs d'inégale volume: dans ce trajet l'aorte fournissait, à droite et à gauche, les branches qui lui sont ordinaires, moins une spermatique.

Des deux troncs inférieurs, le gauche plus petit est l'iliaque primitive (2), qui devient iliaque externe, puis fémorale. L'artère ombilicale, de ce côté, est d'un volume considérable (3); elle recevait toutes les branches qui constituent ordinairement l'artère hypogastrique, et, de plus, un petit rameau qui venait, en arrière, d'une poche qui représentait une vessie postérieure.

Le tronc droit, plus volumineux, se dirigeait transversalement vers la région lombaire du fœtus droit; c'était l'ilia-

(1) Pl. XIX, *a*, B.
(2) Pl. XIX, *l*, B.
(3) Pl. XIX, *k*, B.

que primitive droite du fœtus gauche qui, se joignant à l'iliaque primitive gauche du fœtus droit(1), donnait naissance à ce tronc insolite. Ce tronc devenait ainsi une propriété commune aux deux enfants ; de sa partie supérieure partaient des branches, telles que l'épigastrique, l'iliaque circonflexe, qui se répandaient dans l'abdomen et le bassin postérieurs; des fémorales grêles qui, d'abord réunies, se partageaient ensuite pour aller dans les membres surnuméraires ; enfin, des rameaux inférieurs qui représentaient les hypogastriques. Parvenu au bas de la colonne vertébrale droite, ce tronc fournit l'iliaque droite du fœtus de ce côté, laquelle donne une ombilicale beaucoup plus petite que celle du côté opposé (2), puis l'iliaque externe, l'hypogastrique et la fémorale de la jambe antérieure droite (3).

L'aorte (4) du sujet droit, résultant de la jonction des deux troncs précédents, montait ensuite le long de la colonne vertébrale placée d'abord sur son milieu, se déjetant ensuite à droite, et s'élevant à la hauteur de la deuxième vertèbre dorsale (5). Là, elle abandonnait la colonne vertébrale pour former une grande courbure, dont la convexité est en haut et à droite, et la concavité en bas et à gauche (6),

---

(1) Pl. XIX, L', M, N.

(2) Ces branches n'étaient pas injectées ; l'injection avait été faite par le cœur du fœtus gauche ; procédé vicieux. Les injections des hépato-dyme doivent être poussées par la veine ombilicale quand son état le permet.

(3) Pl. XIX, γ, 3, A.

(4) Pl. XIX, K, A.

(5) Pl. XIX, G, A.

(6) Pl. XIX, A', G, B, A.

en sens inverse de la courbure de l'aorte du sujet gauche. Nous avons déja énuméré les branches qui partaient de cette courbure aortique; à son insertion dans la poche cardiaque, il se détachait une artère qui se répandait sur sa surface (1); il n'y avait qu'une artère cardiaque qui produisait une auriculaire, par la raison que le cœur était formé d'une seule oreillette et d'un ventricule unique.

Le tronc céliaque du fœtus droit partait du côté gauche de l'aorte, et produisait à droite l'artère splénique, et à gauche l'artère hépatique. Il n'y avait qu'une spermatique, celle de droite; la gauche manquait.

Les artères mésentériques supérieures de cet hépato-dyme naissaient de chaque aorte de leur point accoutumé; celle du fœtus gauche formait sa courbure normale, celle du fœtus droit la décrivait en sens inverse; par ce moyen elles marchaient à la rencontre l'une de l'autre, et s'abouchaient ensemble comme le faisaient en bas les iliaques primitives. Il y avait encore là des artères et des veines communiquantes, qui unissaient les deux organismes. Cette communiquante mésentérique était placée au niveau de l'ombilic; du cercle artériel qu'elle formait, partaient deux branches assez fortes, l'une supérieure, l'autre inférieure : la première accompagnait les portions intestinales qui se prolongeaient dans le cordon ombilical (2), et se perdaient dans une poche anormale située dans ce cordon (3). La seconde descendait le long du petit mésentère du troisième intestin grêle qui partait de

(1) Pl. XVIII, A, A.
(2) Pl. XVII, *c*, B, *e*, *t*.
(3) Pl. XVII, *d*, *c*, B.

cette poche (1). Cette artère se distribuait à cet intestin, au cœcum et à son appendice; elle s'anostomosait ensuite par arcade avec la colique. La première de ces branches paraît être l'artère omphalo-mésentérique; elle était située d'abord entre deux veines qui se portaient dans le mésentère des intestins grêles de chaque fœtus, et qui représentaient également les veines omphalo-mésentériques (2). Ces deux veines n'en formaient qu'une en arrière de la poche ombilicale (3). Il n'existait qu'une seule mésentérique intérieure, et de même que chez Ritta-Christina, elle provenait du fœtus situé à gauche.

La composition du cordon ombilical était d'une complication peu commune : il était gros, court; et, en outre des anses intestinales qu'il renfermait, on y remarquait : 1° une veine ombilicale volumineuse, laquelle s'enfonçait sous le bord antérieur du foie, et se divisait en deux troncs; l'un pénétrait dans le sillon horizontal, comme l'avons dit, l'autre, en quittant cet organe, se rendait dans la veine cave inférieure du fœtus droit avant sa bifurcation; 2° l'ouraque situé au-dessous du prolongement intestinal; 3° deux artères ombilicales; 4° une artère et deux veines omphalo-mésentériques.

Quoiqu'il soit facile d'apprécier les rapports qui existent entre l'organisation de ces enfants et les dispositions principales de leur système sanguin, il ne sera pas inutile d'arrêter un instant l'attention sur les coïncidences les plus remar-

(1) Pl. XVII, *f*, *d*, A.
(2) Pl. XVII, 5, A, B.
(3) Pl. XVII, 11, A, B.

quables, telles que : 1° la duplicité des veines ombilicales avec la dualité des plans supérieurs ; 2° l'unité des artères ombilicales avec l'unité du plan inférieur ; 3° la persistance des vaisseaux omphalo-mésentériques avec l'état insolite du canal intestinal dans le cordon ; 4° le volume de l'artère ombilicale du fœtus gauche, plus grand que celui de la même artère du fœtus droit, coïncidant avec la différence des développements des deux enfants ; 5° l'absence, chez chaque enfant, d'une artère spermatique, correspondant à l'absence d'un testicule chez chacun d'eux ; 6° l'absence d'une mésentérique inférieure en rapport avec l'absence d'un gros intestin ; 7° la présence de deux troncs céliaques représentant deux foies, deux rates, deux estomacs ; 8° l'existence de quatre artères rénales avec quatre reins ; 9° l'existence de deux fémorales antérieures, appartenant l'une à un enfant, la seconde à l'autre, et développant une cuisse et une jambe pour chacun des fœtus ; 10° la présence en arrière de deux fémorales rudimentaires, en rapport avec l'état rudimentaire du bassin postérieur et des membres qui lui étaient annexés ; 11° la communauté des organes contenus dans le bassin, en rapport avec la communauté des artères qu'ils recevaient de chaque enfant ; 12° l'écartement des artères sous-clavières du fœtus droit, produisant l'écartement des mammaires internes, celles-ci déterminant à leur tour l'isolement des deux sternum ; 13° enfin, ces derniers effets dépendant eux-mêmes du volume démesuré du cœur.

Quant à ce dernier organe, il formait une vaste poche (1) occupant tout le diamètre transverse de la poitrine ; il pré-

(1) Pl. XVIII, A, A, B.

sentait, sur sa partie moyenne, un sillon dans lequel était logée l'artère cardiaque. Ce sillon la divisait en partie droite et gauche, de sorte qu'extérieurement on eût cru à l'existence de deux ventricules, mais intérieurement la cavité était unique. Dans le plissement correspondant au sillon externe on voyait, en dedans et en bas, un rudiment de cloison qui, en cet endroit, séparait en deux loges cette vaste cavité. La loge droite, ou partie droite, était plus en rapport que la gauche avec l'insertion de l'aorte, et, au contraire, l'artère pulmonaire très-grêle s'implantait plus manifestement encore dans la partie gauche. Le canal artériel, plus volumineux que l'artère pulmonaire, s'insérait à la fin de la courbure aortique. Une oreillette très-étendue surmontait ce cœur et s'étendait plus en arrière qu'en devant; elle recevait une artère assez forte; sa cavité n'était séparée que par un plissement peu marqué de la cavité ventriculaire; les veines caves s'implantaient sur ses deux côtés. Les deux poumons, situés en arrière, étaient comprimés par le cœur et peu développés; le droit, quoique moins comprimé que le gauche, n'avait que deux lobes (1); le gauche en offrait trois, il était appliqué contre les côtes à la manière des poumons des oiseaux. Ces détails suffisent pour expliquer le mélange du sang rouge et noir, et rendre raison de la mort instantanée du fœtus immédiatement après l'accouchement.

(1) Pl. XVIII, *f*, B.

Article XXVII.

Du système nerveux de Ritta-Christina.

Le système nerveux de Ritta-Christina était beaucoup moins compliqué que le système sanguin ; les moelles épinières (1) se prolongeaient, comme à l'ordinaire, dans le canal vertébral (2), et se terminaient par le faisceau de nerfs dont on a désigné l'ensemble par le nom de *queue de cheval* (3). Chaque moelle épinière se trouvait renflée vis-à-vis de l'insertion des nerfs des membres inférieurs, mais ces renflements présentaient une disposition inverse chez les deux enfants, relative au membre abdominal dont chacun d'eux était privé.

On sait que les renflements de la moelle épinière coïncident, chez les vertébrés, avec le développement des extrémités auxquelles ils correspondent (4), que leur volume est en raison directe de leur force ; on sait encore que, chez les animaux privés de membres, la moelle épinière est dépourvue de ces renflements : il en est de même de l'embryon humain à l'époque où ses extrémités n'ont pas donné encore signe d'existence. Chez les monstres privés d'un bras, le renflement supérieur n'est patent que du côté du membre conservé ; chez ceux privés d'une cuisse, le renflement inférieur

(1) Pl. X, fig. 2, A.
(2) Pl. X, fig. 3, B.
(3) Pl. X, fig. 2, 3, *c*, *c*, *d*.
(4) Voyez Anat. comparée de l'encéphale ; I^re^ et III^e^ parties.

offre exactement la même disposition. Or, nos deux enfants étaient dans ce dernier cas, il manquait une cuisse à chacun d'eux, la droite à Christina, la gauche à Ritta : cette défectuosité était empreinte sur le renflement intérieur de chaque moelle épinière ; celui de Christina (1) était déprimé à droite, celui de Ritta l'était à gauche (2) ; les nerfs et les ganglions (3) correspondants étaient sensiblement diminués de volume ; tous ces effets étaient sensibles par la comparaison des renflements (4) des ganglions (5) et des nerfs (6) placés en face des membres conservés. L'absence des membres avait atrophié la partie du système nerveux qui leur était destinée, de telle sorte qu'elle n'égalait au plus que le tiers du volume des nerfs congénères.

Du reste, les branches nerveuses de Ritta (7) et celles de Christina (8) formaient un plexus lombaire dont les rameaux supérieurs extrêmement déliés se portaient vers l'abdomen postérieur, tandis que les inférieurs, convergeant les uns vers les autres, se réunissaient, s'entrelaçaient sur la ligne médiane (9), et formaient, avec les nerfs sacrés, le plexus connu sous cette dernière dénomination. De ce dernier plexus

---

(1) Pl. X, fig. 2, *b*, *a*, *d*, *d*.
(2) Pl. X, fig. 3, *a*, *b*, *d*, *d*.
(3) Pl. X, fig. 2 et 3, *f*, *f*, *f*.
(4) Pl. X, fig. 2, 3, *a*, *c*, *c*.
(5) Pl. X, fig. 2, *e*, *e*, *e*, *c*.
(6) Pl. X, fig. 3, *e*, *e*, *e*, *c*.
(7) Pl. VIII, fig. 3, *a*, *c*, *y*.
(8) Pl. VIII, fig. 3, *a*, *z*, *y*.
(9) Pl. VIII, fig. 3, *z*, *z*, *y*, *y*.

partait un double faisceau nerveux (1) qui se dirigeait en arrière, et sortait du bassin au-dessous du petit tubercule (2) qui rappelait le lieu où se fussent placés les membres surnuméraires s'ils eussent existé. Ces faisceaux envoyaient des rameaux aux muscles fessiers du bassin postérieur. D'après ces rapports, on ne peut les meconnaître pour les analogues des nerfs sciatiques. En outre, quelques filets du plexus sacré se portaient dans l'utérus postérieur (3), et dans les poches fibreuses (4), simulant les rudiments d'un second rectum. Si l'on ajoute à ces détails que chez Ritta (5), de même que chez Christina (6), il existait deux nerfs diaphragmatiques et deux pneumo-gastriques, on aura tout ce qui a paru digne d'être noté dans le système nerveux de la vie animale de nos deux enfants.

Le système nerveux de la vie organique, ou le nerf grand sympathique, était double chez chaque enfant, sauf quelques modifications de leur partie inférieure. Chaque nerf se comportait comme à l'ordinaire, sans différence dans son mode de distribution, depuis la tête jusqu'au milieu de la région lombaire des deux colonnes vertébrales. Cette normalité se conçoit pour la tête, les cols et les poitrines, à raison de l'état des organes de la circulation et de la respiration; mais elle a lieu de surprendre dès l'entrée du grand sympa-

---

(1) Pl. IX, *g*, *g*, R.
(2) Pl. IX, *x*.
(3) Pl. VIII, fig. 3, *f*, 2, 3.
(4) Pl. VIII, fig. 3, *h*, *h*, *h*, *h*.
(5) Pl. IV, fig. 1, *q*, *q*.
(6) Pl. IV, fig. 2, *m*, *n*.

thique dans l'abdomen, à cause de l'absence de l'un des reins chez chacun de nos enfants.

Car on sait que les petits nerfs splanchniques paraissent presque exclusivement destinés aux plexus rénaux; or, le plexus rénal droit manquant chez Christina, et le gauche chez Ritta, on devait s'attendre à ne pas rencontrer ces nerfs des côtés correspondants à l'absence des reins et de leur plexus. Il n'en était rien; le petit splanchnique droit de Christina, et le gauche de Ritta, existaient comme si les reins eussent été présents, leur terminaison ou leur origine était seule changée; ces nerfs se rendaient de chaque côté dans le plexus mésentérique supérieur.

Chez Christina, le nerf grand splanchnique, les ganglions semi-lunaires, le plexus solaire et ses divisions nombreuses, ne présentaient rien de différent de l'état normal. Chez Ritta, le plexus solaire n'offrait d'autre différence que celle de la transposition de quelques-unes de ses parties. Ainsi le plexus hépatique se trouvait à gauche au lieu d'être à droite, et le plexus splénique était tourné à gauche au lieu d'être du côté droit. En outre le plexus mésentérique inférieur manquait chez Ritta.

Après que les grands sympathiques avaient produit les grands et les petits splanchniques, ils descendaient sur les côtés de chaque colonne vertébrale, et présentaient, sous le rapport de leur grosseur, quelques différences notables. Celui du côté droit de Christina, de même que celui du côté gauche de Ritta, étaient beaucoup moins forts que leurs moitiés congénères. Parvenus, celui de Ritta à la hauteur de la quatrième vertèbre lombaire (1), et celui de Christina au ni-

(1) Pl. VIII, fig. 3, *c*, R.

veau de la cinquième (1), ces deux nerfs s'inclinaient l'un vers l'autre pour se rendre de concert dans le méso-colon iliaque du côté de Christina, où ils formaient la grande partie du plexus mésentérique inférieur ; les autres nerfs composant ce plexus provenaient du grand sympathique gauche de Christina. Là se terminait en quelque sorte le grand sympathique droit de Christina et le gauche de Ritta ; immédiatement au-dessous, se trouvait une intersection marquée des deux côtés par une absence complète des ganglions et des filets de communication (2). Il est à remarquer que vis-à-vis cette intersection, les ganglions et les filets du grand sympathique des côtés opposés augmentaient de volume, de sorte qu'ils étaient plus forts qu'ils ne le sont ordinairement chez les enfants de cet âge.

Mais bientôt le grand sympathique reparaissait dans la région sacrée, un peu plus tôt chez Christina (3), un peu plus tard chez Ritta (4) : chez la première, il existait trois ganglions sacrés qui remontaient jusqu'au voisinage de la troisième pièce du sacrum ; il n'y en avait qu'un seul duquel partaient plusieurs filets qui communiquaient avec les nerfs sacrés. De chaque ganglion de Christina se détachaient également des filets qui se rendaient dans les mêmes nerfs. Ces ganglions de terminaison du grand sympathique occupaient leur place ordinaire sur la face antérieure

---

(1) Pl. VIII, fig. 3, *c*, *c*.

(2) Pl. VIII, fig. 3, *a*, *a*.

(3) Pl. VIII, fig. 3, *b'*, *b'*, *b'*.

(4) Pl. VIII, fig. 3, *d*, *e*.

du sacrum; parvenu à la base du coccix (1), chacun d'eux produisait un rameau qui, courbé en anse, s'anastomosait avec un rameau semblable provenant du grand sympathique du côté opposé (2). De la convexité de cette anse nerveuse se détachaient quelques rameaux qui se répandaient sur la face antérieure du coccix (3). On voit, d'après cette description, que là où manquaient les viscères, comme les reins et une partie des gros intestins, là manquait aussi la portion viscérale du système nerveux du grand sympathique. Chez l'hépato-dyme mâle (4), les grands sympathiques n'étaient pas interrompus (5), à cause sans doute de l'existence des prolongements intestinaux (6) dans le cordon qui remplaçait, en quelque sorte, la partie absente du gros intestin. Du reste, chez ce dernier, les deux plexus rénaux se trouvaient chez chaque fœtus, parce que chacun avait ses deux reins; chez l'un, le plexus spermatique droit manquait avec le testicule et son artère du même côté; chez l'autre, c'était le plexus spermatique gauche. Chez les hépato-dymes acomplexes que j'ai observés, les plexus cardiaques et les ganglions semi-lunaires étaient pénétrés comme les estomacs; les plexus mésentériques supérieurs des deux enfants n'en formaient qu'un seul, tandis que les deux plexus mésentériques inférieurs étaient parfaitement isolés et distincts.

---

(1) Pl. VIII, fig. 3, b', a, d, e.
(2) Pl. VIII, fig. 4, a, a, a, e, e, d.
(3) Pl. VIII, fig. 3, d, e, z, a, b, x.
(4) Pl. XIX, B, 10, 9, d, 8, 6, 7.
(5) Pl. XIX, A, 1, 2, k, 5.
(6) Pl. XVII, d, e, t, f.

Article XXVIII.

Description et disposition des viscères abdominaux de Ritta-Christina et des hépato-dymes.

Cette description doit avoir pour objet la position, le nombre et le rapport de ces organes, plus que leur forme. Les formes sont, en effet, peu changées, à l'exception de celle des organes hépatiques qui se sont pénétrés, et que de deux organes, elles n'aient produit qu'un seul, devenu complexe par cette coalescence (1). Mais cette pénétration, que naguères on eût regardée comme fortuite et peu essentielle, devient, au contraire, la clef de tous les changements qui se sont opérés dans ces viscères; elle reconnue et déterminée, les autres modifications organiques en dérivent nécessairement; les viscères propres à chaque enfant se disposent et s'arrangent d'après la position prise par l'organe hépatique qui lui correspond. Or, ils se sont coordonnés chez nos deux enfants, d'après l'ordre voulu par la manière dont s'est opérée la pénétration des deux foies. Cette pénétration est donc le point essentiel à bien reconnaître.

D'abord, le enfants se sont rapprochés par leur face latérale (2) ou les flancs; deux de leurs hypocondres ont ainsi été ramenés l'un vers l'autre; de ce rapprochement est résultée une cavité vaste (3), occupée dans tous les temps

(1) Pl. III, 6, *h*, 5.
(2) Pl. XI, n° 5, 6.
(3) Pl. V, *b'''*, A, B.

par les organes hépatiques. Ces organes, logés primitivement dans la même cavité, se sont touchés, pénétrés et confondus, par les faces qu'ils se présentaient mutuellement. Reste à déterminer les parties de chacun des foies amenées au contact. Un fait évident conduit à cette détermination; c'est celui qui fut manifeste à l'ouverture de l'abdomen. On vit sur la ligne médiane, et au-dessous du diaphragme (1), deux éminences hépatiques (2), séparées par une échancrure antéro-postérieure. En soulevant ces éminences (3) de manière à mettre en évidence la face concave du foie, on remarqua, au point de leur jonction, la veine ombilicale commune (4) se bifurquant à quelques lignes de son entrée, pour traverser en particulier chacun des organes hépatiques. Cette position des veines ombilicales, le volume de ces éminences, leur sommet un peu conique, les firent reconnaître pour les petites extrémités de chacun des foies. Cette partie déterminée en prolongeant une ligne dans le sens de l'insertion des veines ombilicales (5), on divisa cette masse hépatique en deux parties, l'une gauche (6) appartenant à Christina, l'autre droite (7) appartenant à Ritta. Ces deux moitiés, quoique de volume inégal, étaient symétriques, en ce sens que l'on remarquait sur l'une (8) les mêmes parties que sur

(1) Pl. II, *b*.
(2) Pl. II, L, L.
(3) Pl. III, *h*, B, 6, *c*.
(4) Pl. III, C, B.
(5) Pl. VI, fig. 1, ligne pointillée.
(6) Pl. VI, fig. 1, A, *b*.
(7) Pl. VI, fig. 1, B, *m*.
(8) Pl. VI, fig. 1, *a*, *c*, *d*, *i*, A.

l'autre (1). L'extrémité postérieure de la ligne avait donc divisé les deux grosses extrémités des foies. Ces deux grosses extrémités réunies s'étaient logées dans la vaste cavité des hypocondres (2), tandis que les petites extrémités étaient restées disjointes à la partie antérieure des deux abdomens (3). Une partie des bords abdominaux s'était également pénétrée (4), tandis que les bords opposés ou vertébraux (5) étaient restés complètement dégagés.

Les bords et les extrémités des foies déterminés, il est aisé de reconnaître les parties diverses et analogues qui se trouvaient à droite et à gauche de la ligne médiane de ce foie coalescent ou complexe. En premier se voyaient deux éminences, portes antérieures, celle du foie de Ritta (6), celle du foie de Christina (7). Le sillon transversal était situé plus en dehors, occupé par les veines portes et leurs sinus. La veine porte et le sinus de Christina (8) étaient plus développés que le sinus et la veine porte de Ritta (9). En arrière de ce sinus et vers les grosses extrémités des foies, il existait de chaque côté un ventricule (10) et des canaux

(1) Pl. VI, fig. 1, B, *l*, *q*, *m*, *t*, *o*.
(2) Pl. III, *b*, n° 4, 4.
(3) Pl. II, *l*, *l*, B.
(4) Pl. VI, fig. 1, ligne pointillée.
(5) Pl. VI, fig. 1, *n*, B, A, *c*.
(6) Pl. VI, B, *q*, fig. 1.
(7) Pl. VI, A, *f*, fig. 1.
(8) Pl. VI, A, *i*, *i*, *i*, fig. 1.
(9) Pl. VI, B, *t*, *t*, fig. 1.
(10) Pl. VI, fig. 1, A, *j*, *j*.

biliaires (1) régulièrement développés. Entre ces sinus et les canaux biliaires se trouvaient les artères hépatiques, une pour le foie de droite (2), l'autre pour le foie de gauche (3). En devant des sinus des veines portes on rencontrait les restes du canal veineux, l'un du côté de Ritta (4), l'autre du côté de Christina (5). Au devant encore des canaux veineux était des deux côtés l'échancrure qui correspond à la veine cave inférieure, et l'ouverture des veines hépatiques de chacun des foies (6). Enfin, en dehors, ces parties étaient limitées par le lobe de Spigel, dont la forme était la même que sur un foie simple. Le lobe de Spigel de Ritta (7) était moins développé que celui de Christina (8); en général, toutes les parties du foie de Christina étaient d'un tiers plus volumineuses que les parties correspondantes du foie de sa sœur.

De tous les organes complexes qui peuvent se développer ou chez les êtres simples, ou chez les enfants associés ou doubles, le plus difficile, celui dont la composition nouvelle s'éloigne le plus de la composition du même organe normal, c'est le foie complexe. Or, on vient de voir qu'en appliquant à cette espèce d'organes les méthodes rigoureuses de l'anatomie, on parvient à déterminer avec préci-

(1) Pl. VI, fig. 1, B, *u*, *u*.
(2) Pl. VI, fig. 1, A, *k*.
(3) Pl. VI, fig. 1, B, *r*.
(4) Pl. VI, fig. 1, B, S.
(5) Pl. VI, fig. 1, A, *g*.
(6) Pl. VI, fig. 1, A, *e*, B, *p*.
(7) Pl. VI, fig. 1, B, *o*.
(8) Pl. VI, fig. 1, A, D.

sion les parties qui les constituent, que ces parties se soient pénétrées ou non. Cette anatomie, quoique nouvelle sous beaucoup de rapports, peut donc atteindre la même précision que l'anatomie ordinaire.

Cette précision est surtout nécessaire lors de la coalescence des deux foies; car, si l'influence que nous avons attribuée à ces organes est bien la traduction exacte des faits, la double organisation constituante des hépato-dymes doit se rallier et tourner en quelque sorte autour du foie complexe. Les viscères et leurs parties composantes doivent, chez chacun des enfants, se ranger au pourtour du foie qui lui correspond, et prendre la position que leur assigne leur régulateur. Le fait de la coalescence des organes hépatiques resterait stérile, si on ne déterminait avec rigueur la manière et les points par lesquels s'est opérée leur pénétration. Venons à l'explication chez nos enfants.

Si l'on considère présentement le foie complexe de Ritta-Christina (1) dans la position qu'il avait dans l'abdomen (2), on reconnaît que la grosse extrémité du foie de Christina (3) était, comme de coutume, située dans l'hypocondre droit de l'enfant, tandis que la grosse extrémité de celui de Ritta (4) se trouvait dans son hypocondre gauche. Chez l'une, la position du foie était normale; chez l'autre, ce viscère était transposé : il avait passé de droite à gauche. Chez la première, Christina, les viscères avaient dû conserver leur

(1) Pl. III, *b*, *b*, 4, 5.
(2) Pl. V, *b''*, *a*.
(3) Pl. III, n° 4, B.
(4) Pl. III, *b*, A.

position normale, et ils l'avaient effectivement conservée chez l'autre, Ritta, l'inversion des viscères avait dû suivre celle du foie, et tous les viscères étaient effectivement transposés. Suivons comparativement chez les deux enfants ces divers mouvements, d'abord dans la poitrine, puis dans l'abdomen.

Le bord vertébral de chaque foie (1) regardait les deux colonnes vertébrales de nos enfants ; la veine cave inférieure était logée dans l'échancrure médiane de ce bord ; cette échancrure correspondait chez Chistina au côté droit de la colonne vertébrale; la veine cave (2) qui la traversait, allant rejoindre la base de l'oreillette droite (3), maintenait cette oreillette et le ventricule correspondant dans la position horizontale que le cœur affectait dans la poitrine (4). Le cœur pulmonaire se trouvait à droite et en haut (5), le cœur aortique était placé à gauche et en bas (6); et au contraire chez Ritta, le cœur pulmonaire était placé en haut et à gauche de l'enfant (7), et son cœur aortique était situé en bas et à droite (8), par la raison que la veine cave inférieure et le bord vertébral du foie correspondaient au côté gauche de la colonne vertébrale. Les deux cœurs se correspondaient ainsi qu'il suit : le ventricule gauche de Chris-

(1) Pl. VI, *n*, B, A, *c*.
(2) Pl. V, B, *d*.
(3) Pl. V, B, *d*, *c*.
(4) Pl. II, B, *e*, *d*.
(5) Pl. II, B, *e*, *j*.
(6) Pl. II, B, *d*.
(7) Pl. II, *h*, *y*, A.
(8) Pl. II, n° 1, A.

tina (1) se trouvait appliqué contre le ventricule droit de sa sœur (2); ces ventricules étant hétérogènes : les cœurs, quoique ramenés au contact, étaient restés indépendants l'un de l'autre.

Or, dans les formations ordinaires, chaque ventricule du cœur amène avec lui son poumon et ses dépendances; d'où il suit : 1° que chez Christina, le poumon à trois lobes (3) était à droite, tandis que chez Ritta (4), le poumon correspondant était à gauche; 2° le poumon à deux lobes était, par la même raison, placé à la gauche de Christina (5) et à la droite de Ritta (6); 3° d'où il suit encore que les deux poumons gauches de nos deux enfants se trouvaient dans la poitrine antérieure, tandis que les deux poumons droits étaient logés dans la poitrine postérieure; effet résultant inévitablement de la position normale de l'un de ces organes, et de la transposition de l'autre.

Ainsi, la position normale du foie de Christina avait commandé la position normale de ses poumons et de son cœur, tandis que la transposition de celui de Ritta avait déterminé et produit la transposition de son cœur et de ses organes pulmonaires. Pareillement et par la même cause, l'aorte de Christina était restée à gauche de la colonne vertébrale (7),

---

(1) Pl. II, *d*, B.
(2) Pl. II, *h*, A.
(3) Pl. II, *a*, *k*, B.
(4) Pl. II, *a*, *k*, A.
(5) Pl. II, B, *b*, *k*.
(6) Pl. II, A, *k*, *b*.
(7) Pl. V, B, *k*, *q*.

et la veine cave à droite (1), tandis que la même veine de Ritta était passée de droite à gauche (2), et l'artère aorte de gauche à droite de sa colonne vertébrale (3). Chez Christina, ces gros vaisseaux étaient restés en place; chez sa sœur, ils s'étaient transposés : ces vaisseaux avaient obéi à l'inversion du cœur, comme le cœur à son tour avait obéi à la transposition du foie. N'oublions pas de faire remarquer que, de cette position normale, d'une part, et de cette inversion, de l'autre, était advenue la séparation complète et absolue des circulations à sang rouge et à sang noir de nos deux enfants (4), d'où la possibilité de la vie aérienne, et une existence prolongée au-delà de dix mois. La vie était donc assurée par l'ordre, la position, et les rapports des viscères de la poitrine. Voyons présentement la position, l'ordre et les rapports qu'avaient affectés les viscères abdominaux pour suffire à la réparation et à l'entretien de cette vie associée.

On conçoit que c'eût été en vain que la nature eût pris ses mesures dans la poitrine, si elle eût livré au hasard l'arrangement des nombreux viscères qui encombraient le haut de l'abdomen. Mais, d'après le principe de l'évolution des organes que nous avons développé, le foie, servant de régulateur aux autres organes, tous considerés en masse et chacun d'eux pris en particulier, est obligé de se coordonner comme l'indique et le veut la position prise par l'organe hépatique. Or, chez nos deux enfants, cette position étant diverse, l'une

(1) Pl. V, *d*, *g*, B.
(2) Pl. V, A, *d*, *f*.
(3) Pl. V, A, *i*, *r*.
(4) Moins ce que nous avons déja noté chez Ritta.

étant régulière, l'autre étant transposée, tous les viscères du premier devront s'arranger et se coordonner comme à l'ordinaire, tandis que ceux du second devront se transposer en masse. L'ordre et l'arrangement que nous venons de constater dans la poitrine doit donc se continuer dans l'abdomen; des viscères nombreux que l'on remarque dans le haut de cette cavité, l'une des moitiés sera dans la position normale, et l'autre moitié sera retournée, et aura passé de droite à gauche. C'est effectivement ce qui a eu lieu.

Ainsi, l'estomac de Christina (1) est resté à gauche comme à l'ordinaire, celui de Ritta (2) s'est placé à droite; les rates ont suivi leur estomac : Christina avait la sienne à gauche (3), Ritta l'avait à sa droite (4). Les duodenum ont suivi la même impulsion : celui de Christina (5) est resté plus incliné à droite qu'à gauche, celui de Ritta a penché plus à gauche qu'à droite (6). Les pancréas ont suivi les duodenum, comme les rates avaient accompagné les estomacs. L'un a conservé sa disposition normale, c'est celui de Christina (7); l'autre a pris une disposition inverse, c'est celui de Ritta (8). Enfin les intestins grêles, prolongeant ainsi leur marche oppo-

(1) Pl. III, *g*, B.
(2) Pl. III, *g*, A.
(3) Pl. VII, *c*, B.
(4) Pl. VII, A, *c*.
(5) Pl. III, *h*, *k*, B.
(6) Pl. III, *h*, *k*, A.
(7) Pl. VII, *d*, B.
(8) Pl. VII, *d*, A.

sée (1), ont dû se réunir et se sont réunis à la fin du jejunum (2) ou au commencement de l'iléon.

Cette réunion ne pouvait manquer de s'effectuer vers cette région d'après le mécanisme même qui tenait à distance les estomacs et les duodenum. Ce mécanisme dépendait incontestablement de la position des foies. Or, d'après cette position chez les deux enfants, le cœcum de Christina devait se trouver à droite de son abdomen, et celui de Ritta devait occuper sa gauche à cause de sa transposition. Mais la gauche de Ritta et la droite de Christina se confondaient dans un même point au-dessous de l'ombilic ; les intestins, en venant occuper ce point, se sont trouvés ramenés l'un vers l'autre, et maintenus là par une force à laquelle il leur était impossible de se soustraire. Leur contact en a été la suite inévitable ; de ce contact est advenue leur pénétration, et de cette pénétration la dualité intestinale a été amenée à l'unité. Il n'y a eu qu'un iléon pour les deux enfants (3) ; il n'y a eu qu'un cœcum (4) ; il n'y a eu qu'un intestin colon (5) ; il n'y a eu qu'un rectum (6). Ainsi le voulait le principe des évolutions des organes ou la transposition de l'un des foies, et le maintien de la position normale de l'autre.

Ces doubles intestins avaient d'abord leur mésentère pro-

---

(1) Pl. VII, *e*, *e*, *e*, *e*, A, B.
(2) Pl. VII, A, A, *e*, *e*.
(3) Pl. VII, C.
(4) Pl. VII, C, D, *d*.
(5) Pl. VII, E, E, E.
(6) Pl. VII, F.

pre (1), lequel commençait au niveau du duodenum (2) et les fixait à la colonne vertébrale de chacun des enfants ; puis ces mésentères se réunissaient et se confondaient en un seul au niveau de la jonction des deux intestins grêles (3). Voici comment s'opérait la pénétration des deux mésentères : le feuillet droit du mésentère de Christina, parvenu au point de jonction des intestins, passait au-dessus des vaisseaux mésentériques, et, rencontrant là le feuillet gauche du mésentère de Ritta, les deux lames se pénétraient mutuellement, et si intimement que nulle trace de cette réunion n'était sensible sur la ligne médiane. Les deux feuillets opposés, c'est-à-dire le feuillet gauche de Christina et le droit de Ritta, accompagnaient les précédents jusqu'au point de leur pénétration ; ils les abandonnaient en cet endroit, s'accolaient l'un à l'autre, et formaient par ce moyen un autre mésentère unique, lequel enveloppait les vaisseaux propres à l'iléon commun aux deux enfants et aux gros intestins uniques ; il formait par ses radiations, le méso-iléon, le méso-cœcum, le méso-colon, et le méso-rectum. En arrière, les deux lames se portaient, en s'entr'ouvrant, la droite vers la fosse iliaque droite de Ritta, et la gauche, vers la fosse iliaque gauche de Christina.

Les ganglions mésentériques étaient placés entre les lames de ces mésentères ; ces ganglions étaient d'abord propres aux deux enfants dans toute l'étendue où les intestins et les mé-

(1) Pl. III, *k*, A.
(2) Pl. III, *k*, B.
(3) Pl. III, *l*, A, B.

sentères étaient isolés et dévolus en particulier à chacun d'eux ; mais au moment où commençait la fusion des mésentères et des intestins, les ganglions mésentériques devenaient communs, puis ils s'isolaient de nouveau dans les points où les lames du mésentère s'écartaient pour former les mésocolons iliaques des deux enfants. Les vaisseaux lactés suivaient de point en point cette même disposition ; les supérieurs étaient destinés en propre à chacun des enfants auquel appartenaient l'estomac, le duodenum et le jejunum. Jusque-là ce que chaque enfant mangeait et digérait servait uniquement et exclusivement à sa nutrition et à son développement ; mais au point où l'intestin devenait commun, le produit de la digestion était déposé dans les glandes mésentériques communes, et de ces glandes partaient des vaisseaux efférents, qui distribuaient le produit de la digestion, une partie à Christina, une autre partie à Ritta.

Ce fait a un intérêt physiologique particulier ; car on voit que, quoique Ritta mangeât beaucoup moins que sa sœur, son dépérissement n'était pas proportionné à ce défaut d'alimentation, par la raison qu'elle s'appropriait une portion de ce que mangeait et digérait sa sœur ; on conçoit même qu'à la rigueur Ritta aurait pu ne pas manger du tout, sans pour cela mourir d'inanition ; il eût suffi, pour prévenir ce résultat, que Christina mangeât pour deux ; sa sœur eût puisé dans le réservoir commun la portion de chyle indispensable à son existence ; or, recevant d'une autre part une partie du sang de Christina, sa vie eût pu s'entretenir. On voit par là que si la vie associée à ses inconvénients, elle n'est pas tout-à-fait dépourvue de quelques avantages. Ceci n'est qu'une supposition relativement à nos deux enfants, mais cette sup-

position a déja été réalisée; car des deux enfants associés, observés par Sigebert, l'une des têtes ne mangeait jamais, l'autre tête mangeait pour elle; or, si l'anatomie de ces enfants avait été faite avec le soin que nous nous sommes efforcé d'apporter dans celle-ci, on n'eût pas rejeté de la science un fait, par la raison qu'il n'avait pas de place marquée dans le cadre physiologique.

Les vaisseaux chylifères, partant de ces divers points, se rendaient dans le canal thorachique propre à chaque enfant; celui de Christina pénétrait dans la poitrine comme de coutume en arrière et un peu à droite de l'aorte, et s'ouvrait dans la sous-clavière gauche; celui de Ritta entrait dans la même cavité en se plaçant à la gauche de l'aorte; il débouchait ensuite dans la sous-clavière droite. Il y avait chez Ritta inversion du canal thorachique, comme il existait une transposition de l'aorte et de la veine cave inférieure. Tous ces rapports se correspondent et se suivent.

Ils étaient surtout remarquables dans le canal intestinal dégagé de ses mésentères (1); car alors, livrés à eux-mêmes, les intestins suivaient la tendance qui leur avait été imprimée par les foies, et à eux seuls ils répétaient et l'isolement et la coalescence des deux enfants : les œsophages (2) venaient rejoindre le haut des estomacs; ceux-ci (3), écartés comme l'étaient les têtes, se regardaient par leurs petites extrémités; leurs grosses extrémités étaient opposées, em-

(1) Pl. VII, A, B, P, E.
(2) Pl. VII, *a*, A, *b*, B.
(3) Pl. VII, A, *b*, B, *b*.

brassées par les deux rates (1) et leurs vaisseaux; les duodenum (2), ramenés l'un vers l'autre, étaient néanmoins séparés, et recevaient chacun leur canal cholédoque. Les pancréas étaient logés dans l'anse de leur courbure (3); ils s'ouvraient dans le duodenum un peu au-dessous du canal cholédoque. Les jejunum formaient ensuite une multitude de circonvolutions (4); celui de Christina (5) était plus long et plus large que celui de Ritta (6).

Parvenus au-dessous de l'ombilic, ces intestins convergeaient l'un vers l'autre, et se confondaient sur la ligne médiane des deux enfants. Cette union s'effectuait par une poche considérable (7), véritable cœcum quant à sa forme, et d'un diamètre égal au cœcum existant plus bas. Cette poche globuleuse avait la même structure que les autres parties du canal intestinal : elle était évidemment formée par le commencement des deux iléons; chacun des jéjunum (8) débouchait isolément dans la poche commune (9); l'ouverture propre à Christina était pourvue d'un repli de la muqueuse en forme de valvule (10); celle de Ritta (11) n'of-

(1) Pl. VII, *c*, A, *c*, B.
(2) Pl. VII, *e*, A, *e*, B.
(3) Pl. VII, *d*, A, *d*, B.
(4) Pl. VII, *e*, *e*, *e*, *e*, *e*, A, B.
(5) Pl. VII, *e*, *e*, *e*, A.
(6) Pl. VII, *e*, *e*, *e*, B.
(7) Pl. III, *i*, A, B.
(8) Pl. VII, *x*, A, *x*, B.
(9) Pl. VII, *x*, *x*, A, B.
(10) Pl. VII, A, *x*, *e*, *c*.
(11) Pl. VII, *x*, A.

frait rien de semblable. Au-dessous de cette poche existait un intestin iléon unique (1), dont le diamètre égalait celui des intestins grêles : celui-ci s'ouvrait, comme à l'ordinaire, dans le cœcum (2); ce cœcum était remarquable par la longueur de son appendice vermiculaire (3).

Ce dernier intestin était situé sur l'axe médian des deux enfants (4). Sa position à la droite du canal intestinal de Christina (5) semblait indiquer qu'il lui appartenait; mais, si l'on a égard à la transposition viscérale de Ritta, on remarquera que cette position était également celle qu'aurait dû affecter son cœcum. Néanmoins, comme ses artères provenaient principalement de Christina, il est à présumer que cet intestin lui était plus spécialement dévolu : ce qui encore porte à le croire, c'est que, d'une part, le colon ascendant, dont la direction était la même que le colon transverse, s'inclinait plus vers Christina (6), et que, d'autre part, le colon descendant et l'*S* iliaque du colon (7) de ce gros intestin unique occupaient la région lombaire et la fosse iliaque gauche de Christina. Le rectum (8), détendu par l'accumulation des matières fécales, s'inclinait légèrement du côté de Ritta; cette inclinaison paraissait produite par la fin de l'*S* iliaque du colon qui descendait jusque dans le bassin.

---

(1) Pl. VII, *c*, *c*.
(2) Pl. II, *q*.
(3) Pl. II, *q*, *o*, B; pl. VII, *d*, *c*.
(4) Pl. VII, *c*, D.
(5) Pl. VII, E, D, B.
(6) Pl. II, *r*, B.
(7) Pl. VII, E′, A.
(8) Pl. VII, F, A, B.

Tel était le canal intestinal de nos deux enfants; d'où l'on voit encore que si les viscères de la poitrine étaient disposés de manière à permettre l'exercice de la vie extra-utérine, ceux de l'abdomen étaient combinés à leur tour de sorte à en assurer l'entretien par le versement des produits de la digestion dans les canaux thorachiques et les veines sous-clavières, et leur rejet au dehors des matières excrémentielles.

Ce rejet avait lieu par une ouverture anale (1), située au dessous des organes génitaux externes. Cette ouverture, commune aux deux enfants, était située néanmoins du côté de Christina, ce qui semble indiquer encore que le gros intestin lui appartenait plus qu'à sa sœur. Cette assertion acquiert un nouveau degré de vraisemblance par les faits qui suivent. A droite de cet anus, sur la même ligne et du côté de Ritta, se trouvait une seconde ouverture (2) analogue à la précédente; cette ouverture pénétrait dans la dernière poche (3) située derrière l'utérus antérieur, poche que l'on pouvait considérer comme un rectum rudimentaire. Ce rectum était annexé à trois autres canaux, fermés en forme de vésicules (4) et sans communication les uns avec les autres. Ces canaux, flottant dans le bassin et fixés aux méso-rectum par le dernier d'entre eux, étaient remplis par un liquide filant onctueux et un peu coloré en jaune. Leur structure était fibreuse en dehors, leurs parois épaisses; en dedans, sa membrane muqueuse tomenteuse était épaisse, et se rap-

(1) Pl. VIII, fig. 1, *d*.
(2) Pl. VIII, fig. 1 *c*.
(3) Pl. VIII, fig. 3, *h*, *b*.
(4) Pl. VIII, fig. 3, *h*, *h*, *h*, *h*.

prochait par son aspect de celle de l'intérieur de la vésicule du fiel. La vésicule qui débouchait au dehors était vide, et à parois moins fortes que les trois précédentes. Ces quatre vésicules, quoique sans communication les unes avec les autres, nous paraissent devoir être considérées comme un second colon avorté : nulle d'entre elles n'avait de prolongement qui pût faire soupçonner l'existence d'un appendice vermiculaire, et par conséquent de cœcum.

Les organes urinaires succédaient au canal digestif. Ces organes se composaient des deux reins (1), de quatre corps surrénaux (2), de deux utérus (3) et d'une vessie commune (4). La première chose que nous devons considérer dans cet appareil urinaire, c'est l'existence des corps surrénaux des deux côtés où manquaient les reins. Cette persistance des capsules surrénales, leur développement parfait chez l'un (5) et l'autre enfant (6), en l'absence des reins que d'ordinaire elles coiffent, prouvent l'indépendance de ces deux organes, indépendance mise en quelque sorte hors de doute par tous les faits de déplacement des reins dans lesquels les capsules sont restées à leur place accoutumée (7).

---

(1) Pl. V, *b*, *z*, A, B.
(2) Pl. V, *d*, *d'*, B, *b*, *b'*, A.
(3) Pl. V, *c*, *c'*, R, *c*.
(4) Pl. V, *''d*.
(5) Pl. V, *b'*, A.
(6) Pl. V, *d'*, B.
(7) Voyez Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation, ou Traité de Tératologie, tome I, page 595, par M. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire.

Elle résulte évidemment de l'indépendance de leurs artères, et du fait général que les vaisseaux se forment dans les parties où d'ordinaire on suppose qu'ils se terminent.

Les deux reins présents étaient le gauche de Christina (1) et le droit de Ritta (2); le premier était plus volumineux et surtout plus allongé que le second; l'échancrure interne par où sortent les vaisseaux était sur les deux plus prononcée que d'habitude. Du reste, leur structure était celle des autres reins. Chacun d'eux avait sa capsule (3) qui en surmontait le bord supérieur (4); chacun d'eux avait son uretère (5), sortant de l'organe au-dessous de l'introduction de la veine rénale (6), et s'implantant sur les côtés et à la base de la vessie. Celle-ci dans sa position ordinaire (7) était plus ample et moins conique qu'elle ne l'est chez les enfants de cet âge; elle débouchait à l'extérieur par l'ouverture de l'urètre, placée au haut des petites lèvres. Il suit de là que deux reins étrangers l'un à l'autre déchargeaient leur urine dans une vessie commune, dont la moitié appartenait à un enfant, la seconde moitié à l'autre; chaque rein avait ainsi en propre une moitié de vessie.

La vessie était unique pour les deux enfants. Cette observation a son importance; car on sait que plusieurs anato-

---

(1) Pl. V, *b*, *c*, B.
(2) Pl. V, *z*, R, A.
(3) Pl. V, *d'*, *c*.
(4) Pl. V, *b*, R, A.
(5) Pl. V, *c'*, A, R.
(6) Pl. V, *c'*, B, *c*.
(7) Pl. V, *d''*, *c'*, *c'*.

mistes ont considéré les organes génito-urinaires comme dépendants du développement de l'une des membranes fœtales, de sorte que l'absence ou la présence de la vessie semblerait devoir être liée à la présence ou à l'absence de l'utérus : or, il n'en est souvent rien, particulièrement dans le cas qui nous occupe.

En effet, en arrière de la vessie existait chez nos enfants un utérus (1) très-régulièrement conformé, ayant ses ligaments, ses trompes, un ovaire (2) appartenant à Ritta, un second appartenant à Christina (3), et un pavillon distinct, terminant chaque trompe utérine. De même que la vessie, cet utérus était la propriété des deux enfants. Chacun des ovaires en possédait une des moitiés; le vagin qui faisait suite à l'utérus, quoique unique, était une propriété commune. Ce partage de l'organe, qui ne se décelait dans le bassin que par les vaisseaux dont l'une des moitiés venait de Ritta et l'autre de Christina, devenait plus manifeste par la disposition de l'appareil génital externe, qui protége l'ouverture du vagin. On voyait ici que le corps caverneux gauche de Christina, se réunissant au corps caverneux droit de Ritta, formait évidemment le clitoris; on voyait que l'une des petites lèvres (4) appartenait à l'un des enfants, la seconde était à sa sœur; on voyait que des deux grandes lèvres (5) la droite était à Ritta et la gauche à Christina. L'entrée de

(1) Pl. V, n° 8.
(2) Pl. V, n° 10.
(3) Pl. V, n° 9.
(4) Pl. VIII, fig. 1, *c*, *c*.
(5) Pl. VIII, 1, *b*, *b*.

la vulve était unique (1) au milieu de ces deux appareils étrangers l'un à l'autre.

La composition de cet appareil génital antérieur était d'autant plus remarquable que, comme nous l'avons fait entendre il y a un instant, il existait un second utérus (2) du côté du bassin postérieur. Celui-ci, beaucoup plus petit que le précédent (3), était placé en arrière du rectum (4) : il avait ses trompes (5), leur pavillon, ses deux ovaires (6), son corps (7) et sa cavité intérieure (8); mais cette cavité était imperforée à la région du col (9). Elle formait de cette sorte un sac sans ouverture, analogue à celui que représentaient toutes les membranes séreuses. La cavité utérine renfermait une certaine quantité d'un liquide jaunâtre; la membrane interne qui la tapissait était légèrement veloutée à la manière de la face interne de la vésicule du fiel. Le vagin était représenté par un tissu fibreux dense, sans cavité distincte; il se joignait en arrière et en bas du rectum à la dernière des vésicules, qui simulait un second rectum rudimentaire. Il n'avait avec l'extérieur aucune communication; mais il était manifeste que cette communication tendait à s'opérer par l'ouverture anale placée du côté de Ritta. Au reste, l'utérus postérieur était, comme l'antérieur, commun aux deux

(1) Pl. VIII, fig. 1, *a*.
(2) Pl. V, nos 2, 3, 7.
(3) Pl. VIII, fig. 3, *f*, 2, 3, 4.
(4) Pl. VIII, fig. 3, *g*.
(5) Pl. VIII, fig. 2, nos 1, 2, 3.
(6) Pl. VIII, fig. 3, F.
(7) Pl. VIII, fig. 3, nos 2, 3; fig. 2, *z*, *z*.
(8) Pl. VIII, fig. 2, *a*, *b*.
(9) Pl. VIII, fig. 2, *b*.

enfants; la moitié appartenait à Christina, l'autre moitié appartenait à sa sœur.

Cette disposition des organes génitaux de Ritta-Christina montre évidemment que si, dans l'arrangement des viscères de la poitrine, de l'abdomen et du bassin, la nature avait pris ses mesures pour assurer la vie des enfants, elle n'avait pas oublié la possibilité de leur reproduction. Or, pour cette reproduction, elle avait tout combiné, pour que les plaisirs et les douleurs qu'elle entraîne fussent communs aux deux enfants. En supposant que la conception eût eu lieu dans l'utérus antérieur, un même enfant aurait eu deux mères distinctes, résultat singulier de cette vie associée ; en supposant encore que le vagin postérieur se fût ouvert à l'extérieur, des grossesses simultanées ou successives auraient pu se manifester soit en avant, soit en arrière du bassin, soit enfin dans les deux utérus en même temps.

Telle était l'organisation de Ritta-Christina, et l'influence que la position des organes hépatiques avait exercée sur la position, la connexion et les rapports des autres viscères, influence qui se trouve reproduite dans les rapports, la connexion et la situation des organes de l'hépato-dyme mâle.

Chez ce dernier, les grosses extrémités de chaque foie étaient moins pénétrées que sur Ritta-Christina, d'où il résultait que les petites étaient plus divisées et plus écartées en devant (1). Le foie de l'enfant gauche était dans sa situation normale; celui de l'enfant droit était dans une situation transposée. Le cœur du premier (2) avait la disposition de

(1) Pl. XVII, *i*, *x*, A, B.

(2) Pl. XVIII, A, *v*.

celui de Christina; la disposition du cœur du second était rendue méconnaissable par l'extension énorme qu'il avait prise (1). Les poumons du premier avaient leurs divisions normales, deux lobes à gauche et trois lobes à droite; l'inverse existait chez le second: le poumon à trois lobes se rencontrait à gauche, et celui à deux lobes à droite.

L'estomac du premier avait sa situation normale (2); la rate était adossée, comme à l'ordinaire, à sa grosse extrémité; l'estomac du second (3) avait contracté une adhérence morbide avec la base de la petite extrémité du foie correspondant, ce qui portait en avant et sur la ligne médiane sa grosse extrémité, tandis que la petite était déjetée à droite; la rate de cet estomac se trouvait en arrière et à droite. Par la position prise par l'estomac droit, cet organe se trouvait adossé au diaphragme, de sorte que sa situation était beaucoup moins oblique que de coutume; cette situation avait déplissé le duodénum de manière à le déformer complètement; il n'était reconnaissable que par l'insertion des canaux biliaire et pancréatique; le duodénum de l'enfant gauche, ainsi que son pancréas, n'avaient changé ni leur position, ni leurs rapports. A ces duodénum, succédaient des intestins grêles fort étendus, formant de chaque côté de l'abdomen de nombreuses circonvolutions (4). Ces intestins, qui étaient le jéjunum de l'un et de l'autre enfant, se ter-

(1) Pl. XVIII, A, A, B.
(2) Pl. XVII, L, B.
(3) Pl. XVII, *y*, A.
(4) Pl. XVII, *k*, *m*, *f*, *u*.

minaient dans le cordon (1) d'une manière tout-à-fait insolite même chez ces monstres, et surtout d'une manière fort différente en apparence des intestins analogues de Ritta-Christina; mais en suivant attentivement leur disposition, on reconnaissait qu'ils se comportaient comme nous l'avons dit précédemment, et qu'ils reproduisaient exactement les intestins de nos deux filles, à la circonstance près de leur fusion dans le cordon ombilical.

En effet, après que le jéjunum de l'enfant droit avait fini dans son abdomen les circonvolutions qui lui étaient propres, il remontait vers le haut de cette cavité (2), se plaçait au-dessous de l'estomac, se dirigeait vers l'ombilic, où il s'ouvrait dans une poche allongée (3). Pareillement du jéjunum de l'enfant gauche, celui-ci, dont les circonvolutions étaient plus inférieures, remontait par un pédicule creux (4) situé sur l'axe de l'abdomen, et gagnait par ce moyen la base de l'ombilic; il s'ouvrait à son tour dans la poche ombilicale, par une ouverture placée en face de la précédente, et dépourvue comme elle de tout repli valvulaire. Les deux jéjunum ainsi abouchés dans cette espèce de vésicule intestinale, un troisième intestin grêle partait de sa base et se plaçait entre les deux précédents (5). Celui-ci était évidemment un iléon commun aux deux enfants; de la base de la vésicule, il descendait au milieu de l'abdomen, et après une

(1) Pl. XVII, *e*, *t*, *d*.
(2) Pl. XVII, *e*, A.
(3) Pl. XVII, *d*, A, B.
(4) Pl. XVII, *t*, B.
(5) Pl. XVII, *f*, *d*, A, B.

étendue de huit à neuf pouces, il se terminait à un cœcum unique comme lui, et très-régulièrement conformé, ainsi que son appendice (1). Ce cœcum était placé à droite de l'abdomen de l'enfant gauche, et à gauche de l'enfant droit; situation normale des deux, si on a égard à la transposition des viscères de ce dernier. Au cœcum succédait le colon (2) qui descendait au lieu de monter, par la raison que la vésicule qui était restée dans le cordon, avait maintenu le cœcum dans une position plus élevée que celle qu'il aurait dû conserver. Le colon passait ensuite derrière l'ouraque, il se rendait dans le flanc gauche du premier des enfants, descendait dans sa fosse iliaque gauche, où il formait l'*S* iliaque (3); puis il s'enfonçait dans le bassin en donnant naissance au rectum qui s'ouvrait dans l'intérieur par un anus simple.

Tel était le canal intestinal de l'hépato-dyme mâle. Une circonstance mérite de nous arrêter un instant, c'est la vésicule située dans le cordon : sa forme était oblongue et allongée; du côté de l'abdomen elle faisait suite au canal intestinal, et avait la même structure que lui; du côté du cordon elle se terminait en un ligament fibreux solide qui se perdait dans son tissu; elle n'avait nul rapport spécial avec les vaisseaux omphalo-mésentériques conservés. Ce défaut de rapport indique que cette poche n'était pas les restes d'une vésicule ombilicale; que par conséquent elle n'était pas non plus un cœcum dont le prolongement fibreux

(1) Pl. XVII, *n*, A, B.
(2) Pl. XVII, 11, A.
(3) Pl. XVII, *m*, B.

eût été l'appendice vermiculaire; circonstances qui eussent donné un grand poids aux idées de M. Oken sur le développement primitif du canal intestinal, si on eût pu reconnaître là une vésicule ombilicale (*vesicula secundinarum*). La même remarque est applicable aux diverticules de l'iléon sur lesquels M. Meckel a appelé dans ces derniers temps l'attention des anatomistes. On ne pouvait prendre pour eux les deux premiers pédicules (1) qui entraient dans la vésicule (2), puisqu'ils appartenaient manifestement aux jéjunum; le troisième seul (3) en eût offert les caractères, puisque l'intestin dans lequel il se rendait était bien l'iléon. En procédant ainsi par voie d'exclusion, on parvient à reconnaître que cette poche correspondait exactement à celle que présentait la jonction des intestins de Ritta-Christina (4): si en effet on eût rencontré celle-ci vers l'ombilic, elle eût simulé en tout point celle de l'hépato-dyme mâle; et en dégageant la poche de ce dernier de son ombilic, et livrant ensuite les intestins à eux-mêmes, ils simulèrent et reproduisirent toutes les dispositions que nous avons remarquées dans cette portion du canal intestinal de nos deux filles. Cette poche ombilicale n'était donc que la dilatation ordinaire de l'intestin au point de jonction des deux jéjunum, dilatation maintenue accidentellement dans le cordon par l'espèce de ligament fibreux qui se prolongeait dans son tissu.

---

(1) Pl. XVII, *e*, *t*.
(2) Pl. XVII, *d*.
(3) Pl. XVII, *f*, *d*.
(4) Pl. XVII, A, A, *x*, *x*.

Les organes génito-urinaires de l'hépato-dyme mâle confirmaient également les vues que nous avons émises à l'occasion de leur indépendance. Chez nos filles, il se trouvait un appareil génital double avec un appareil urinaire simple; c'est l'inverse qui se produit chez l'hépato-dyme mâle. Il n'y avait qu'un seul pénis pour les deux enfants (1), dont la moitié droite venait de l'un d'eux, et la moitié gauche provenait de son frère; cette double composition se répétait de point en point dans les corps caverneux, dans les artères, les veines, les nerfs, et dans les muscles qui entrent dans la composition de cet organe; les bourses étaient divisées et distinctes comme à l'ordinaire, mais l'une d'elles était la propriété de l'enfant de droite, la seconde appartenait à l'enfant de gauche. Il n'y avait également qu'un seul testicule de chaque côté (2), lesquels se comportaient exactement comme ils le font chez un enfant ordinaire. Il suit de là que, si ces enfants étaient parvenus à l'âge de puberté et qu'ils eussent eu des rapports féconds avec une femme, chacun de leurs propres enfants eût eu deux pères, et malgré cette double origine, il est à présumer qu'ils n'eussent rien offert d'insolite dans leur structure.

A côté de ces organes génitaux simples se trouvait un appareil urinaire double, et croisé d'un enfant à l'autre de la manière qui suit. La vessie antérieure (3), dévolue par moitié à chaque enfant, envoyait comme à l'ordinaire son ouraque dans le cordon, et se continuait comme à l'ordi-

(1) Pl. XVII, n° 3.
(2) Pl. XVII, nos 2, 2.
(3) Pl. XVII, 4.

naire aussi avec le canal de l'urètre du pénis; en arrière et sur les côtés elle recevait deux uretères (1), dont l'un venait du rein gauche de l'enfant, A (2), et l'autre du rein droit de l'enfant, B (3). Cette vessie, ces uretères et ces reins répétaient exactement l'appareil urinaire de Ritta-Christina. Derrière cette vessie se trouvait le rectum (4), et derrière encore ce rectum se voyait une seconde vessie (5). Celle-ci était arrondie et imperforée par le bas, elle adhérait par ce bas-fond avec le rectum et avait une tendance manifeste à s'ouvrir dans son intérieur; en haut, elle présentait à gauche deux uretères (6) qui se rendaient dans le rein droit de l'enfant, A; sur le côté, elle offrait un autre uretère qui venait du rein gauche de l'enfant, B (7) : chacun de ces appareils urinaires avait ses reins spéciaux. Les deux reins de l'enfant, A, (8) étaient réunis en forme de croissant sur la partie antérieure de la colonne vertébrale, et embrassaient l'aorte (9) qu'ils recouvraient en cet endroit; ils répétaient dans l'abdomen la disposition que présente au col le corps thyroïde, leur réunion s'effectuait de la même manière, par la pénétration de leur angle inférieur. Ces reins étaient l'un et l'autre surmontés de leur capsule surrénale. Les reins de

(1) Pl. XVIII, *y*.
(2) Pl. XVIII, *o*, A.
(3) Pl. XVIII, *j*, B.
(4) Pl. XVIII, *m*, *m*.
(5) Pl. XVIII, *n*.
(6) Pl. XVIII, *n*, A.
(7) Pl. XVIII, *x*, B.
(8) Pl. XVIII, P, A.
(9) Pl. XVIII, *z*.

l'enfant, B, étaient isolés et placés comme à l'ordinaire, l'un à la droite, l'autre à la gauche de l'aorte (1), mais leur situation était changée ; au lieu de perpendiculaire elle était horizontale (2), de sorte que leur bord convexe se trouvait en haut, tandis que leur bord concave, ou l'échancrure par où sortaient les uretères (3), regardait en bas. Les capsules surrénales (4) dont chaque rein était coiffé (5) avaient éprouvé le même déplacement. Le double appareil urinaire de cet hépato-dyme, uni à un appareil génital simple, reproduisait dans un sens inverse le double appareil génital de Ritta-Christina, uni à un simple appareil urinaire. La répétition n'était pas limitée à leur composition, dont la moitié provenait de l'un des enfants, et la seconde moitié de l'autre, elle s'étendait encore à leur degré de développement : ainsi l'utérus postérieur de Ritta-Christina était privé de la portion d'appareil urinaire qui aurait dû lui correspondre, comme l'appareil urinaire postérieur de l'hépato-dyme mâle était dépourvu de l'appareil génital qui aurait dû lui revenir. L'absence de ce dernier appareil avait produit l'imperforation de la vessie postérieure, de même que la privation de l'appareil urinaire avait déterminé l'imperforation de l'utérus postérieur de Ritta-Christina. Les effets étaient réciproques chez les deux hépato-dymes. En outre chez Ritta-Christina l'appareil génital antérieur avait opéré tous ses développe-

(1) Pl. XVIII, *v*, B.
(2) Pl. XVIII, *l*, *i*, B.
(3) Pl. XVIII, *x*, *j*, B.
(4) Pl. XVIII, *k*, B.
(5) Pl. XVIII, *i*, B.

ments, de manière à pouvoir remplir les fonctions qui lui sont attribuées, de même que chez l'hépato-dyme mâle l'appareil urinaire antérieur était le seul propre à compléter la fonction urinaire. Les développements réguliers de ces deux appareils étaient en avant, et leurs avortements en arrière, résultat général et constant dans l'organisation de la duplicité monstrueuse.

Enfin, chez les deux hépato-dymes, il n'existait qu'un seul placenta complexe, qu'un seul cordon ombilical pour les deux enfants : la dualité avait été ramenée à l'unité par l'effet de leur coalescence; les associations des organismes s'étaient effectuées en vertu des règles que nous avons exposées, et une organisation complexe, viable dans le premier cas et mortelle dans le second, était sortie de ces doubles associations.

Ici se termine la tâche que je m'étais imposée dans ce travail.

EXPLICATION DES PLANCHES

De la Théorie des formations et des déformations organiques, appliquée à l'anatomie de RITTA-CHRISTINA, *et de la Duplicité monstrueuse.*

PLANCHE I.

Ritta-Christina représentée moitié de grandeur naturelle.

A. Partie supérieure de la poitrine coalescente; rapprochement de l'organe mammaire droit de Christina et gauche de Ritta.

E. Partie inférieure de la poitrine antérieure.

B, B. Moitiés latérales de l'abdomen antérieur appartenant, la droite à Ritta, la gauche à sa sœur.

C, C. Bosses occipitales des deux enfants.

D. Pubis commun.

F. Cuisse et jambe de Christina.

G. Cuisse et jambe de Ritta.

PLANCHE II.

Viscères du thorax et de l'abdomen, dans leur situation respective et leurs rapports.

A. Ritta. B. Christina.

a. Péricarde unique environnant les deux cœurs et l'insertion des gros vaisseaux.

b, *b.* Diaphragme unique séparant les poitrines de l'abdomen.

c. Cœur de Christina. *d*. Ventricule gauche. *e*. Ventricule droit. *i*. Artère aorte. *j*. Artère pulmonaire. *f*. Cœur de Ritta. *h*. Ventricule droit ou pulmonaire. *g*. Ventricule gauche. *i*. Aorte. *j*. Artère pulmonaire.

k, *k*, *k*, *k*. Poumons.

l, *l*. Petites extrémités des foies séparées l'une de l'autre par une scissure médiane.

m, *m*. Les deux estomacs séparés par la masse des intestins grêles. *n*, *n*. Les deux rates adossées à la grosse extrémité de chaque estomac.

o, *o*, *o*, *o*. Intestins grêles placés en partie du côté de Ritta, et en partie du côté de Christina.

p. Point de réunion des jéjunum en un seul intestin grêle. *q*. Cœcum avec son appendice vermiculaire. *r*. Gros intestin unique, placé plus spécialement du côte de Christina.

PLANCHE III.

Les viscères de la poitrine ayant été enlevés, les organes hépatiques ont été renversés pour mettre à découvert leur face concave, et apprécier l'influence de leur position sur la situation et les rapports des viscères de l'abdomen.

A. Ritta. B. Christina.

a, *a*. Bord du diaphragme relevé.

b, *b*. Face inférieure du foie complexe. *c*. veine ombilicale oblitérée et unique jusqu'à son entrée dans la scissure hépatique où s'opérait sa division. *b*, 4. Grosses extrémités de chaque foie réunies. *b*, 6. Petites extrémités des mêmes organes. *d*, *d*. Lobes de Spigel recouverts par l'épiploon gastro-hépatique. *e*, *e*. Vésicules biliaires.

f, *f*. Pancréas recouverts par le péritoine.

g, *g*. Estomacs vus par leur face inférieure.

h, *h*, *h*, *h*. Intestins grêles mis en rapport avec le côté abdominal auquel ils correspondaient.

i. Point de réunion des deux jéjunum, indiquant la dilatation opérée par leur jonction. *j*. Gros intestin.

k, *k*. Commencement de chaque grand mésentère. *l*. Réunion des deux grands mésentères formant une arcade, dont la convexité était en bas et la concavité en haut. *m*, *m*. Ligne pointillée indiquant la position et l'anastomose des deux artères mésentériques supérieures.

n. Utérus postérieur. n° 2. Ovaire de Ritta. *4*. Sa trompe et son pavillon. n° 3. Ovaire de Christina. *4*. Son pavillon et sa trompe.

c, *c*. Cuisses des deux enfants.

PLANCHE IV.

Position respective de chaque cœur, insertion de leurs principaux vaisseaux.

FIGURE I.

R. *Cœur, vaisseaux et trachée-artère de Ritta.*

a, *a*. Partie du péricarde commun.

b. Ventricule aortique situé au côté droit de la poitrine. *d*. Oreillette de ce ventricule. *c*. Ventricule pulmonaire placé à gauche du thorax. *e*. Oreillette de ce ventricule. *f*. Artère aorte. *g*, *d*. Les deux carotides primitives. *h*, *h*. Les deux sous-clavières. *i*. Artère vertébrale du côté droit. *j*. Aorte descendante située au côté droit de la colonne vertébrale. *k*. Artère pulmonaire. *l*. Canal artériel. *m*. Veine cave supérieure gauche s'ouvrant dans l'oreillette pulmonaire. *n*. Veine azygos du même côté. *o*. Veine cave supérieure droite s'ouvrant dans l'oreillette aortique. *p*. Veine azygos du même côté.

q, *q*. Nerfs diaphragmatiques.

r. Poumon à deux lobes, situé dans la cavité droite du thorax. *s*. Poumon à trois lobes, situé dans la cavité gauche de la poitrine.

t. Corps thyroïde.

u. Trachée-artère.

FIGURE II.

C. *Cœur, vaisseaux et trachée-artère de Christina.*

a. Portion du péricarde commun aux deux cœurs.

b. Ventricule aortique placé du côté gauche du thorax.

c. Ventricule pulmonaire placé à droite de la même cavité.

d. Oreillette du ventricule aortique. *e.* Oreillette du ventricule pulmonaire. *f.* Artère aorte offrant en ce point une dilatation. *g.* Origine commune de la carotide et de la sous-clavière droites. *h.* Sous-clavière gauche. *g'.* Carotide primitive gauche.

i. Aorte descendante située au côté gauche de la colonne vertébrale.

j. Artère pulmonaire.

k. Canal artériel oblitéré.

l. Veine cave supérieure s'ouvrant dans l'oreillette droite.

m, *n.* Nerfs diaphragmatiques.

o. Poumon à trois lobes, placé comme à l'ordinaire dans le côté droit de la poitrine et moins ample que celui du côté opposé. *p.* Poumon à deux lobes, situé dans le côté gauche de la poitrine et plus développé que le précédent.

q. Corps thyroïde.

r. Trachée-artère.

PLANCHE V.

Le foie complexe ayant été enlevé, les cœurs et les poumons ont été renversés en haut pour montrer les rapports des veines caves inférieures et des aortes; les intestins ont été détachés pour faire apprécier les rapports des deux utérus avec le rectum.

A. Ritta. B. Christina.

1° Organes particuliers de Ritta.

b. Cœur soulevé, vu par sa partie inférieure. *b*, *b.* Oreillette et ventricule aortiques situés à droite.

c,*c*. Oreillettes et ventricule pulmonaire placés à gauche.

d. Veine cave inférieure s'ouvrant à la fois dans les deux oreillettes.

e, *e*. Insertion des veines hépatiques.

f. Veine rénale.

b'. Veine iliaque externe.

i. Aorte descendante placée du côté droit de la colonne vertébrale.

j. Tronc céliaque déjeté à gauche de l'aorte.

k. Artère mésentérique supérieure.

l. Artère rénale droite.

m. Artère diaphragmatique droite, produisant la capsulaire du même côté.

b. Diaphragmatique et capsulaire du côté gauche.

P. Gros tronc artériel que nous verrons à la planche VIII s'anastomoser avec une branche de l'artère aorte de Christina.

q. Origine de l'artère sacrée moyenne.

r. Artère hypogastrique.

s. Artère iliaque externe.

t. Iliaque interne. *u*, *u*. Fessières et ischiatiques.

v. Artère ombilicale oblitérée, d'un calibre moindre que celle du côté opposé.

x. Tronc commun de la moitié droite des artères vésicales et utérines antérieures.

y, *y*, *y*, *y*. Poumons soulevés.

z. Rein droit.

b, *b*. Capsules surrénales doubles.

c. Uretère.

a, *a*. Diaphragme séparant les poitrines de l'abdomen.

b''. Vaste cavité occupée par le foie complexe.

2° Organes particuliers de Christina.

a'. Cœur soulevé, vu par sa face intérieure.

b, *b*. Cavités gauches du cœur.

c, *c*. Cavités droites du même organe.

d. Entrée de la veine cave intérieure dans l'oreillette droite.

e, *e*. Veines hépatiques.

a, *a*, *a*, *a*. Organes pulmonaires.

f. Veine rénale.

g. Veine iliaque primitive gauche.

h. Veine iliaque externe.

j. Tronc veineux représentant l'iliaque primitive droite, et ayant une distribution particulière. Voyez Planche VIII.

k. Aorte descendante dans la situation qui lui est ordinaire.

l. Tronc céliaque déjeté à droite de l'aorte.

m. Artère mésentérique supérieure.

n. Artère mésentérique inférieure unique pour les deux enfants.

o. Artère rénale.

P, P. Artères diaphragmatiques et capsulaires.

q. Fin de l'aorte abdominale.

r. Artère iliaque primitive du côté gauche.

s. Artère iliaque externe.

t. Artère iliaque interne.

n, *n*, *n*. Branches de l'artère hypogastrique.

o. Artère ombilicale, oblitérée et plus volumineuse que la précédente.

x. Tronc commun à la vésicale gauche et à l'artère utérine antérieure.

y. Artère sacrée moyenne.

z. Artère représentant l'artère iliaque primitive droite de Christina. (Voyez planche VIII.)

b'. Rein gauche de Christina.

c'. Uretère de ce rein.

d', *d'*. Capsules surrénales doubles.

e'. Colonne vertébrale.

3° Organes communs aux deux enfants.

a, *a*, *a*, *a*. Diaphragme complexe séparant les poitrines de l'abdomen.

b''. Vaste cavité occupée par le foie complexe.

N° 5. Face interne du petit abdomen postérieur.

d''. Vessie unique recevant les deux uretères.

N° 8. Utérus antérieur correspondant aux parties externes de la génération.

N° 9. Ovaire, trompe et pavillon appartenant à Christina.

N° 10. Ovaire, trompe et pavillon appartenant à Ritta.

N° 4. Rectum distendu par les matières stercorales et interposé entre les deux utérus.

N° 2. Ovaire de Ritta de l'utérus postérieur.

N° 6. Sa trompe et son pavillon.

N° 3. et 7. Ovaire, trompe et pavillon de la moitié de l'utérus postérieur appartenant à Christina.

PLANCHE VI.

Représentant la face inférieure du foie complexe, et la structure intérieure des cœurs de Ritta-Christina.

FIGURE I.

Foie complexe.

A. Foie de Christina.

B. Foie de Ritta.

Ligne pointillée marquant la trace de leur pénétration.

1° Foie de Christina. A.

a. Grosse extrémité ou grand lobe.

b. Petite extrémité ou moyen lobe.

c. Échancrure correspondant à la colonne vertébrale.

d. Lobe de Spigel ou petit lobe.

e. Échancrure dans laquelle était logée la veine cave inférieure. On y voit l'orifice des veines hépatiques.

f. Éminence porte antérieure.

g. Sillon longitudinal très-court.

h. Restes du canal veineux.

i, *i*, *i.* Veine porte et son sinus occupant le sillon transversal du foie.

j, *j.* Vésicule et canaux biliaires.

k. Artère hépatique.

2° Foie de Ritta. B.

l. Grosse extrémité ou grand lobe.

m. Petite extrémité ou moyen lobe.

n. Échancrure correspondant à la colonne vertébrale.

o. Lobe de Spigel ou petit lobe.

p. Échancrure qui loge la veine cave inférieure. On y voit l'orifice des veines hépatiques.

q. Éminence porte antérieure moins prononcée que sur l'autre foie.

r. Sillon longitudinal recouvert presque en entier par la substance du foie.

s. Restes du canal veineux.

t, *t*. Veine porte et son sinus occupant le sillon transversal.

u: *u*. Vésicule et conduits biliaires.

r. Artère hépatique.

FIGURE II.

R. *Cœur de Ritta ; l'oreillette est ouverte pour montrer la cloison auriculaire.*

a. Veine cave inférieure.

b. Veine cave inférieure s'ouvrant dans l'oreillette gauche.

c, *c*. Cloison auriculaire perforée de trois ouvertures qui communiquent de l'oreillette pulmonaire dans l'oreillette aortique.

c, *d*, *f*. Positions de ces ouvertures dépourvues de valvules.

e. Enfoncement imperforé ressemblant au trou de botal oblitéré.

g. Paroi interne de l'oreillette pulmonaire.

h. *h*. Oreillette aortique.

i. Sommet de l'oreillette pulmonaire.

j, *j*. Ventricule aortique.

FIGURE III.

C. *Cœur de Christina. L'oreillette droite est ouverte pour montrer la cloison.*

a. Veine cave inférieure.

b. Valvule d'Eustachi.

c. Trou de botal parfaitement oblitéré.

d. Sa valvule.

e. Veine cave supérieure.

h. Son orifice dans l'intérieur de l'oreillette.

f. Orifice auriculo-ventriculaire droit.
g, *i*, *j*, *k*, *l*. Anfractuosités des parois de l'oreillette.
z, *z*. Sommet de l'oreillette droite.
y. Oreillette gauche.
x. Ventricule droit.
x, *x*. Ventricule gauche.

PLANCHE VII.

Canal intestinal de Ritta-Christina.

A. Ritta. B. Christina.
a. Æsophage.
b. Estomac.
c. Rate.
d. Pancréas.
e. Duodénum.
e', *e'*, *e'*, *e'*.... Intestin jéjunum.
A, A. Point de réunion des deux intestins grêles.
x, *x*. Débouchement de chacun des jéjunum dans l'intestin commun.
c, *c*. Intestin iléon unique pour les deux enfants.
d, *c*. Appendice vermiculaire du cœcum.
D, E. Cœcum.
E', E', E', E'. Gros intestin unique.
F. Intestin rectum.

PLANCHE VIII.

Intérieur du bassin et organes génitaux de Ritta-Christina.

FIGURE I.

Organes génitaux externes.

a. Vulve unique débouchant dans un vagin semblable.
b, *b*. Grandes lèvres.
c, *c*. Petites lèvres.

d. Ouverture de l'anus communiquant dans le rectum commun.

e. Seconde ouverture anale communiquant avec la poche inférieure *h.* de la fig. III.

FIGURE II.

Utérus postérieur.

a. Cavité du corps de l'utérus.

b. Cul de sac qui terminait inférieurement la cavité du col.

N° 1. Partie supérieure du corps de l'utérus.

N° 2, 2. Ovaires.

N° 3, 3. Pavillon et trompes utérines.

FIGURE III.

Organes intérieurs du bassin commun.

a, *a.* Dernières vertèbres lombaires.

b, *b.* Symphyse du pubis disjointe, les pubis écartés.

c, *c.* Côtés correspondants de la base des deux sacrum.

d. Pièce osseuse unique formée par la réunion des deux os coxaux postérieurs.

e, *e.* Détroit supérieur du bassin.

f. Utérus postérieur privé de vagin, avec ses ovaires, n° 2 et 3. Ses trompes et leur pavillon n° 4 et 5.

g. Rectum commun renversé.

h, *h*, *h*, *h.* Quatre poches fibreuses formant les trois premières des cavités sans ouvertures, remplies par un liquide filant; la quatrième inférieure était vide et s'ouvrait au-dehors par l'ouverture indiquée fig. I. *e.*

i, *i.* Partie inférieure des deux reins.

j, *j.* Les deux artères aortes.

k. Artère iliaque primitive droite de Christina.

l. Rameau épigastrique de cette artère.

m, *n.* Gros tronc transversal formé par les iliaques de *Christina* et de *Ritta* et unissant la circulation des deux enfants.

p. Artère sacrée latérale gauche de Ritta.

q. Terminaison de l'iliaque interne de Christina.

r. Mésentérique inférieure de Christina.

s. Iliaque primitive gauche de Christina et sa division en iliaque externe et interne.

t, *t*. Artères sacrées moyennes.

v. Artère iliaque primitive droite de Ritta.

Nerf de la vie de relation.

x, *x*. Plexus sacrés n'offrant rien de particulier.

y, *y*, *y*. Nerf des plexus sacrés correspondants, lesquels se réunissaient pour former le faisceau nerveux qui sortait du bassin postérieur. R. Planche IX.

z, *z*, *z*, *z*. Autres nerfs sacrés qui se distribuaient à l'utérus postérieur et aux poches insolites qui représentaient les rudiments d'un second gros intestin.

Nerf de la vie organique.

a', *a'*, *a'*. Série des ganglions lombaires et sacrés du côté gauche de Christina.

b', *b'*. Derniers ganglions sacrés du côté opposé.

c'. Troisième et dernier ganglion lombaire du côté droit.

d', *d'*. Série des ganglions lombaires et sacrés du côté droit de Ritta.

e'. Ganglion sacré unique du côté opposé.

f'. Troisième et dernier ganglion sacré du côté gauche de Ritta.

PLANCHE IX.

Muscles de la partie postérieure du tronc et du bassin de Ritta-Christina.

a. Pièce osseuse formée par la jonction de deux os postérieurs coxaux.

b, *b*. Les deux coccix.

c, *l*. Muscles obliques externes de l'abdomen postérieur.

c, C, R. Côté de Ritta. *l*, *c*. Côté de Christina.

d, *d*. Faisceaux musculeux représentant le tiers supérieur des muscles droits de l'abdomen postérieur.

f, *f*. Muscles grands fessiers réunis sur la ligne médiane en formant un muscle demi-orbiculaire. La partie inférieure de cette masse charnue, n° 9, 9, a été enlevée pour mettre à découvert les muscles de la couche profonde.

g, *g*. Muscles adducteurs.

h, *h*, *h*. Plan musculaire formé par les muscles ischio-coccigiens et releveurs de l'anus.

i, *i*. Muscles sphincters embrassant les deux ouvertures anales; *nous n'avons pu les suivre dans leur partie antérieure.*

x. Tubercule offrant sans doute le vestige des deux membres inférieurs qui manquaient.

R. Artères et faisceaux nerveux sortant du bassin au-dessous de ce tubercule, et représentant les systèmes vasculaires et nerveux destinés aux membres postérieurs avortés.

x', *x'*. La position des deux ouvertures anales.

PLANCHE X.

Sternum et moelles épinières de Ritta-Christina.

FIGURE 1.

Sternum représenté dans sa grandeur naturelle, et par sa face interne.

A, *x*, *x*, *x*, *x*. *c*, *c*, *c*, *c*. Sternum et côtes de Christina.

B. *r*, *r*, *r*, *r*, *y*, *y*, *y*, *y*. Sternum et côtes de Ritta.

a, *a*. Pièces claviculaires des deux sternum.

b, *b*. Premières côtes détachées.

b, *b*, *c*, *i*. Noyaux osseux isolés de chacun des sternum.

N° 1, 2. Appendices xiphoïdes des sternum.

c, *e*, *e*, *e*. Trajet et isolement des quatre artères mammaires internes, indiquant l'indépendance et le mode de formation de ce sternum complexe.

FIGURE II.

Partie inférieure de la moelle épinière de Christina, vue par sa face postérieure.

a, *b*. Renflement lombaire, déprimé sur tout le côté droit.
c, *c*. Origine ou insertion des nerfs lombaires et sacrés du côté gauche.
d, *d*. Origine ou insertion des nerfs lombaires et sacrés du côté droit.
e, *e*, *e*. Ganglions intervertébraux du côté gauche.
f, *f*, *f*. Ganglions intervertébraux du côté droit.

FIGURE III.

Partie inférieure de la moelle épinière de Ritta, vue par la face postérieure.

a, *b*. Renflement lombaire déprimé sur tout le côté gauche.
c, *c*. Insertion ou origine des nerfs lombaires et sacrés du côté droit.
d, *d*. Insertion ou origine des nerfs lombaires et sacrés du côté gauche.
e, *e*, *e*. Ganglions intervertébraux du côté droit.
f, *f*, *f*. Ganglions intervertébraux du côté gauche.

PLANCHE XI.

Squelette de Ritta-Christina

Le squelette de *Ritta* a été dessiné au trait, celui de *Christina* a été dessiné et ombré; par ce moyen on distingue nettement sur les pièces de la ligne médiane la part qui revient en propre à chacun d'eux. On voit encore d'une part le mode d'après lequel s'est opérée l'association du système osseux, et de l'autre le mécanisme de la coalescence des os placés sur le centre des deux squelettes.

N^os^ 1, 1. Synciput des deux crânes.
N^os^ 2, 2. Bosses occipitales.
N^os^ 3, 3. Bosses coronales.
N^os^ 9, 9. Région cervicale des colonnes vertébrales.

A, B, C. Noyaux osseux des vertèbres cervicales défectueuses de Ritta.

d, *e*, *g*, *h*, *i*, *j*. Noyaux osseux propres à la portion du sternum de Ritta.

k, *l*, *m*, *n*, *u*. Noyaux osseux propres à la portion du sternum de Christina.

N° 12. Côtes de Ritta.

N° 13. Côtes de Christina.

N° 5. Vertèbres lombaires de Ritta.

G. Vertèbres lombaires de Christina.

P, Q. Pièce postérieure et insolite du bassin.

N° 4'. Os coxal de Ritta.

N° 4. Os coxal de Christina.

N° 10. Pièce pubienne de Christina.

N° 11. Pièce pubienne de Ritta.

N° 7. Pièces osseuses du membre inférieur de Ritta.

N° 8. Pièces osseuses du membre inférieure Christina.

PLANCHE XII.

Hépato-dymes acomplexes.

FIGURE I.

Hépato-dyme (*eniops gensoulii*, *Geoffroy-St.-Hilaire*) *vu par devant.*

a, *c*, g, e. Sujet gauche dessiné au trait.

B, f, D, C. Sujet droit dessiné et ombré.

FIGURE II.

Tête et tronc du même Hépato-dyme, vus par leur partie postérieure, et dessinés comme le précédent, afin de distinguer ce qui est propre à chaque enfant.

FIGURE III.

Les mêmes parties dont la peau a été enlevée pour mettre à découvert les muscles superficiels, dont la moitié E, B appartient à un sujet, et la seconde moitié A, E appartient à l'autre.

FIGURE IV.

Hépato-dyme synoptus. Ce sujet conservé dans l'alcool m'a été donné par mon illustre ami M. Geoffroy-St.-Hilaire; je l'ai disséqué avec M. le Dr. Martin St.-Ange qui a fait le dessin, ainsi que ceux de la planche XIII, qui appartiennent au méme hépato-dyme.

Ce qui est au trait appartient exclusivement à l'enfant droit A; ce qui est ombré appartient à l'enfant gauche B.

a, *a*. Le muscle orbiculaire des paupières.
b. Le muscle transversaire du nez.
c. Le releveur de la lèvre supérieure et de l'aile du nez.
d. Le releveur de la lèvre supérieure et l'abaisseur de l'aile du nez.
f. Le zygomatique.
g. Le temporal.
h. Le buccinateur
i. L'orbiculaire des lèvres.
j. Le carré du menton.
k. Le triangulaire des lèvres.
l, *l*. Le masseter, le digastrique et le stylo-hyoïdien.
n. L'artère carotide, la veine jugulaire interne et le nerf pneumo-gastrique.
o. Le mylo-hyoïdien.
p. Le sterno-hyoïdien.
q. le sterno thyroïdien.
r. L'omoplato-hyoïdien.
s, *t*. Le sterno-cleïdo-mastoïdien.
u. Le splenius.
v. Le deltoïde.
x, *x*. Le grand pectoral.
z, *z*. Le grand oblique de l'abdomen.

PLANCHE XIII.

Organisation intérieure des hépato-dymes acomplexes.

FIGURE I.

Face antérieure.

A. La trachée-artère.

b, *b*, *b*. Poumon gauche du sujet S. D.

b', *b'*, *b'*. Poumon droit du sujet S. G.

c. L'oreillette gauche.

c'. L'oreillette droite.

d. La veine cave supérieure.

p'. La veine cave inférieure.

e. Le cœur antérieur des deux sujets.

f. Le tronc commun aux artères pulmonaires et au canal artériel.

g' La crosse de l'aorte de ce même cœur.

g. La crosse de l'aorte du sujet S. G. venant s'ouvrir dans l'aorte *g'*, qui part du cœur *c*.

h, *h'*. Les carotides primitives.

i. Les artères vertébrales.

j. Les artères sous-clavières.

k. Les veines jugulaires internes.

l. Le nerf pneumo-gastrique.

m. Le foie.

m'. Le cordon ombilical.

n. La rate du sujet S. D.

o. La capsule surrénale.

p. Le rein gauche du sujet S. D.

q'. L'intestin grêle du sujet S. D.

q. L'intestin grêle du sujet S. G.

r. Le point de jonction des deux intestins grêles d'où part le gros intestin unique et commun *s*, *s*, *s*.

FIGURE II.

Face postérieure.

a. Le cœur postérieur des deux sujets d'où part l'aorte qui se distribue au sujet S. G.

b. Le tronc commun aux artères pulmonaires et au canal artériel.

c. La crosse de l'aorte.

d. Le point où l'artère carotide primitive se bifurque pour fournir la carotide interne et l'externe.

f. L'artère sous-clavière gauche du sujet S. G.

g. L'artère vertébrale.

h. La même artère sous-clavière au point où elle prend le nom d'axillaire.

i. Artère aorte du sujet S. G.

j. Veine cave supérieure.

k. Oreillette droite : la gauche ne peut être vue.

l. Le poumon gauche du sujet S. G.

l', *l'*. Le poumon droit du sujet de S. D.

m. Le foie postérieur.

n'. Le foie antérieur.

o. La rate du sujet S. G.

q et *q'*. Les reins.

PLANCHE XIV.

Squelette d'un hépato-dyme acomplexe, conservé au cabinet anatomique du Muséum d'Histoire naturelle.

FIGURE 1re.

Squelette vu par la face antérieure.

A, R. Sujet droit.

B, Q. Sujet gauche.

Le sujet droit est dessiné au trait, le sujet gauche est ombré, dans le but de montrer la formation de ces êtres et leur mode de coalescence.

N^os 1, 1. Région cervicale des vertèbres.

a, *a*, *b*, *b*, *b*. Côtes.

C, D. Sternum antérieur.

x, *x*. Clavicules antérieures.

K, P, O. Membres thorachiques du sujet droit.

L, M, N. Membres thorachiques du sujet gauche.

h, *h*. Région lombaire vertébrale.

G, R. Bassin et membres pelviens isolés du sujet droit.

F, Q. Bassin et membres pelviens isolés du sujet gauche.

FIGURE II.

Face postérieure du même squelette dessiné de la même manière et dans le même but.

A, O. Sujet gauche.

B, N. Sujet droit.

N^os 1, 1. Vertèbres cervicales.

a, *b*, *d*, *c*. Côtes postérieures.

H. Sternum postérieur formé par deux moitiés hétérogènes comme l'antérieur.

N^os 2, 2. Région des vertèbres lombaires.

C, R, L, P. Membres thorachiques.

M, L, N, S, O. Bassins et membres pelviens des deux sujets entièrement isolés les uns des autres.

FIGURE III.

J'ai emprunté cette figure à l'ouvrage de Haller, pour montrer combien la nature se répète dans ces productions des êtres anormaux.

A. Sujet gauche.

B. Sujet droit.

a. Estomac du sujet droit.

c. Estomac du sujet gauche.

e. Vésicule du fiel.

h. Autre vésicule.

g. Mésentère.

j. Rein gauche du sujet gauche.
t. Rein droit du même sujet.
k, *f*. Uretères des reins du sujet gauche.
t, *q*. Les deux reins du sujet droit.
h. Uretère.
x Cordon ombilical unique.

PLANCHE XV.

Composition de la tête des céphalo-dymes.

Cette planche est destinée à montrer le mode de formation de la tête des céphalodymes, l'association des demi-têtes de chacun des enfants développant d'abord une tête complète en avant, et donnant naissance en arrière à un quart de tête, puis à une demi, puis à une tête entière. L'occipital devient le point fixe autour duquel se disposent toutes les pièces osseuses pour arriver à cette singulière composition. Les dessins ont été composés de manière que ce qui appartient à l'un des enfants est au trait, et ce qui appartient à l'autre se trouve ombré.

Figure 1re.

Base du crâne d'un demi-céphalo-dyme (Synotus, G. S. H).

O. Trou occipital.
B, B. Portion condyloïdienne de l'anneau occipital.
C, D. Portion basilaire du même anneau.

On voit que cette partie est placée latéralement au lieu d'être située sur la ligne médiane; en face d'elle et exactement sur la même ligne se trouve l'anneau occipital de la seconde tête. D'après ce quart de rotation de cet anneau, la moitié des pièces crâniennes qui lui correspondent se placeront les unes en avant et les autres en arrière; la partie centrale du sphénoïde s'est placée en vertu de ce mouvement entre les deux anneaux occipitaux.

E. Partie centrale du sphénoïde postérieur, dont la moitié appartient à l'une des têtes, et la seconde moitié à l'autre.

Pièces situées en avant des anneaux occipitaux.

F, *g*. Rocher antérieur, en face se trouve le rocher analogue de l'autre tête.

G. Cadre du tympan, en face existe un cadre semblable appartenant à la seconde demi-tête.

J. Portion de la base du sphénoïde antérieur.

I. Base de la grande aile du sphénoïde.

H. Portion écailleuse du temporal.

K. Voûte palatine.

L. Maxillaire supérieur.

M. Portion de l'os jugal.

Ces parties jointes à leurs analogues qui appartiennent à l'autre sujet forment une tête antérieure, ressemblant en tout à une tête normale, quoique composée avec deux demi-têtes étrangères l'une à l'autre.

Pièces situées en arrière des anneaux occipitaux.

A, A. Rocher postérieur, en face se trouve le rocher postérieur de l'autre tête.

Les occipitaux postérieurs cloisonnaient ce crâne en arrière, entre eux se trouvaient deux noyaux osseux qui étaient les rudiments de la portion écailleuse de chaque rocher.

La tête antérieure étant complète, on voit que les développements ne peuvent se porter qu'en arrière de manière à en augmenter le nombre des parties, puisque cette tête postérieure ne se compose quant à la base que d'un demi-anneau d'occipital, et d'un rocher de chaque côté.

FIGURE III.

Base du crâne d'un céphalo-dyme plus avancé; (Éniops, Geoffroy-Saint-Hilaire).

O. Anneau occipital.

c, *c*. Portion condyloïdienne de cet anneau.

d. Pièce basilaire.

Cet anneau est placé latéralement comme dans le crâne précédent, il est porté un peu plus en avant, cette marche en avant du trou occipital

ira en augmentant à mesure que la tête postérieure prendra de l'accroissement. En face se trouve l'anneau occipital semblable composé du même nombre de pièces.

Pièces situées en avant du trou occipital.

E. Partie centrale du corps du sphénoïde postérieur.

En avant et en arrière de cette pièce se trouvent deux petits anneaux osseux qui font partie de la base des sphénoïdes antérieurs.

F. Rocher antérieur.

G. Pièce centrale des sphénoïdes antérieurs.

I, H. Base de la grande aile du sphénoïde.

J, L, M. Base du maxillaire inférieur et portion des apophyses ptérigoïdes.

K. Portion du palatin.

n, *o*. Partie palatine du maxillaire inférieur.

Pièces situées en arrière du trou occipital.

B, B. Rocher postérieur.

A. Portion écailleuse du temporal.

FIGURE V.

La partie postérieure de ce crâne était cloisonnée sur la ligne médiane par une pièce impaire très-grande.

B, C. Dont l'échancrure C, recevait la pointe A, fig. III.

Cette pièce était formée par la réunion de deux pariétaux surnuméraires. Au-dessus d'elle il existait deux autres pariétaux A, A, appartenant l'un à un enfant, le second à l'autre.

FIGURE II.

Par les côtés cette pièce unique s'articulait avec l'occipital postérieur.

B, C, A, dont la grandeur était beaucoup diminuée.

FIGURE VIII.

Autre base du crâne d'un trois quarts de céphalo-dyme.

o. Trou occipital situé encore plus en avant que chez le précédent.
E, F. Pièces condiloïdiennes de l'anneau occipital.
G. Pièce basilaire.
J. Rocher antérieur.
H. Apophyse mastoïde.
J'. Cadre du tympan.
K, L. Base des ailes du sphénoïde.
o, *o*. Corps des sphénoïdes comprimés.
L, M. Alvéoles du maxillaire supérieur.
i. Portion écailleuse du temporal.

Pièces situées en arrière du trou occipital.

B. Occipital postérieur.
C, D. Rocher postérieur.
A. Grande pièce unique interposée entre les deux occipitaux, et formée par deux pariétaux réunis, de même que dans le crâne précédent.

Ce crâne est remarquable par la concentration de la base des sphénoïdes dont les parties sont au contraire si distinctes chez les céphalo-dymes précédents.

FIGURE VII.

Céphalo-dyme complet.

O. Anneau occipital situé toujours latéralement, mais occupant la partie moyenne du flanc de chaque base de ce double crâne.

Toutes les pièces situées en avant du trou occipital K, J, G, H, I, *b*, *c*, *d*, *e* sont répétées et reproduites en arrière par des pièces analogues *e*, *d*, *c*, *b*, I, H, G, K.

La tête postérieure est complétée comme l'antérieure : dans les cas précédents, fig. 1, 3 et 8, la tête postérieure était réduite d'abord au rocher, puis aux rochers à une portion écailleuse du temporal, aux occipitaux et aux pariétaux qui cloisonnaient le crâne en arrière.

Si on tire une ligne médiane sur la base de ces crânes, ligne indiquée par la manière dont les dessins ont été composés, on les divise en deux parties égales, l'une droite, l'autre gauche; une de ces moitiés constitue la tête de l'un des enfants, l'autre moitié forme la tête de son frère. C'est la même composition que celle du sternum et du foie complexe que nous avons déja exposée (1).

FIGURE IV.

Face postérieure du cœur d'un hépato-dyme complexe.

A, B. Corps de l'organe.
C, H. Courbure de l'aorte.
G, E, F. Troncs artériels s'élevant de la crosse de l'aorte.
D. Artère pulmonaire.
J, I. Bifurcation de cette artère.
K, L. Artère aorte.
k', k', k'. Branches s'élevant de la courbure aortique.
M. Artère pulmonaire.

---

(1) Je reçois en ce moment une dissertation de M. W. Clark, professeur d'anatomie à l'université de Cambridge. L'auteur y décrit un hépato-dyme acomplexe (Céphalo-dyme, Janiceps). Cette description est remarquable par la reproduction des faits capitaux qui font la base de mon travail. Les deux têtes de ce céphalo-dyme étaient anencéphaliques. J'ai encore reçu une dissertation de M. le Dr John Paget, sur les monstruosités du cœur appliquées à la pathologie de cet organe; les observations profondes qu'elle renferme montrent combien les vues anatomiques qui nous dirigent sont appréciées dans leur application pratique par les anatomistes et les médecins de la patrie des *Monro* et des *Hunter*. En rappellant ces publications postérieures à l'impression de ce travail, je ne puis omettre le premier volume de l'ouvrage de M. Isidore Geoffroy-St-Hilaire, dans lequel, sous l'heureuse dénomination de Tératologie, cette partie de la science est traitée avec une profondeur de vues qui en agrandissent le domaine, en montrant les connexions étroites de l'anatomie, de la zoologie et de l'anatomie pathologique.

m', *m'*, *m'*. Division de cette artère.

n. Canal artériel.

FIGURE VI.

Structure de ce cœur complexe à trois ventricules.

F, F. Ventricule moyen très-vaste et commun. Ce ventricule était formé de la réunion des deux ventricules droits, le cœur du sujet droit ayant éprouvé l'inversion que nous avons exposée.

A, A. Ventricule aortique du sujet droit.

G, G. Ventricule aortique du sujet gauche.

D. Artère pulmonaire du sujet droit.

C. Artère aorte du même sujet.

I. Artère aorte du sujet gauche.

J. Artère pulmonaire du même sujet.

B, H. Ouvertures faisant suite aux deux artères pulmonaires et mettant en communication le ventricule central commun avec les deux ventricules latéraux.

PLANCHE XVI.

Détails de l'organisation des hépato-dymes acomplexes.

FIGURE I.

Montrant l'intérieur de l'oreillette du cœur a. (Voyez pl. XIII, fig. 2.)

a. Le cœur.

b. L'intérieur de l'oreillette.

c. Ouverture auriculo-ventriculaire.

c'. Oreillette gauche.

d. Trou de Botal.

e. Veine cave supérieure.

f. Veine cave inférieure.

g. Artère pulmonaire gauche.

h. Artère pulmonaire droite.

h'. Canal artériel.

j. Crosse de l'aorte.

k. Tronc de la carotide commune.

i. Artère vertébrale.

FIGURE II.

Représentant l'intérieur du ventricule droit, communiquant avec le gauche par une petite ouverture.

a. La cavité du ventricule droit où viennent s'ouvrir le tronc pulmonaire et la crosse de l'aorte.

b. L'oreillette droite.

c, *c*, *c*. Les colonnes charnues de la valvule *tricuspide*.

d. La portion membraneuse de cette valvule auriculo-ventriculaire droite.

e. La veine cave supérieure.

f. La veine cave inférieure.

f'. La communication insolite des ventricules.

g', *g*. Stylet indiquant la communication de l'oreillette droite *b* avec la cavité du ventricule droit *a*.

h. La crosse de l'aorte divisée.

h'. Le tronc commun aux artères pulmonaires et au canal artériel.

FIGURE III.

Fait voir les deux cavités ventriculaires, l'ouverture qui les fait communiquer et le mode de circulation possible.

a. La cavité du ventricule droit.

b. L'oreillette droite ouverte.

c, *c*, *c*. Les colonnes charnues renversées, se terminant par de petits tendons sur la membrane de la valvule tricuspide.

e. La veine cave supérieure.

f. La veine cave inférieure.

g', *g*. Un stylet qui indique le trajet que le sang doit parcourir en passant de l'oreillette droite dans le ventricule droit.

h. Le tronc pulmonaire et le canal artériel.

i. La valvule mitrale.

j. La crosse de l'aorte.

k. Le ventricule gauche.

m, *m*. Un stylet qui traverse l'ouverture insolite faisant communiquer les deux ventricules.

FIGURE XII.

a. Le cœur antérieur des deux sujets réunis. (Voyez pl. XIII, fig. 1.)

b'. L'oreillette gauche.

b. L'oreillette droite ouverte.

c'. La veine cave supérieure.

c. La veine cave inférieure.

d. Un repli d'oreillette indiquant le point où se trouve ordinairement l'ouverture auriculo-ventriculaire droite, qui est ici entièrement oblitérée.

e. Le trou ovale extrêmement large.

f. Le tronc pulmonaire.

g', *g*. Les artères pulmonaires.

h. Le canal artériel.

i. La crosse de l'aorte.

j. La branche de communication des deux crosses.

k. L'artère carotide primitive droite.

l. L'artère carotide primitive gauche.

m. L'artère vertébrale.

n. L'aorte descendante.

FIGURE XIII.

Le même cœur.

b. L'oreillette droite.

c'. La veine cave supérieure.

c. La veine cave inférieure.

g, *g*. Les artères pulmonaires.

h. Le canal artériel.

i, *i*. La valvule sygmoïde du tronc pulmonaire.

j. La branche de communication des deux crosses.

k. L'artère carotide primitive droite.

l. L'artère carotide primitive gauche.

m. L'artère vertébrale.

n. L'aorte descendante.
o. Le ventricule droit.
o', *o''*. Ouvertures insolites qui font communiquer les deux ventricules.
p. Une incision pratiquée sur la paroi externe du ventricule gauche.
q. Une érigne servant à écarter les parois du ventricule droit.

FIGURE XIV.

Même cœur.

c. La veine cave inférieure.
c'. La veine cave supérieure.
g', *g*. Les artères pulmonaires.
h. Le canal artériel.
j. La branche anastomotique des deux crosses aortiques.
k. L'artère carotide primitive droite.
l. L'artère carotide primitive gauche.
m. L'artère vertébrale.
n. L'aorte descendante.
r', *r*. La paroi antérieure du ventricule gauche renversée.
s, *s*. Les trous insolites qui font communiquer les deux ventricules.
t, *t*. Un stylet indiquant la communication auriculo-ventriculaire gauche.
v. La valvule mitrale.

FIGURE IV.

Circulation générale des deux sujets réunis. (V. pl. XIII, fig. 1 et 2.)

a. Le cœur antérieur vu par sa face postérieure.
b. L'oreillette droite.
c. L'oreillette gauche où débouchent les veines pulmonaires.
D. La veine cave supérieure.
D et D'. La veine cave inférieure.
d, *d*. Veines hépatiques superficielles.
C. La crosse de l'aorte au point de la bifurcation.
c. Les artères intercostales.
c'. L'artère stomachique.
c''. L'artère capsulaire.

c''. Tronc fournissant l'artère hépatique et la mésentérique supérieure.

d'', d'. Les artères rénales.

d'''. L'artère mésentérique inférieure.

E, E. Les artères crurales.

e, e'. Les veines rénales.

e'', e''. Les veines crurales.

F. Artère ombilicale droite très-développée.

g. Artère ombilicale gauche excessivement petite.

g, g. Artères hypogastriques.

A' Le cœur situé profondément vu par sa face antérieure.

B. La crosse de l'aorte.

b'. Le tronc commun aux deux carotides b'' et b''.

g'. L'artère vertébrale.

g''. L'artère sous-clavière.

C'. L'oreillette droite.

C''. L'oreillette gauche.

D''. La veine cave supérieure.

D'''. La veine azygos.

E. La veine cave inférieure.

e. Les veines rénales.

f. La veine mésentérique.

G. La crosse de l'aorte.

g, g. Les artères carotides primitives.

h. l'artère sous-clavière.

h'. L'artère vertébrale.

i, i, i. Les artères intercostales.

j. L'artère coronaire stomachique fournissant les deux artères diaphragmatiques inférieures.

k'. Tronc commun fournissant l'artère hépatique et la mésentérique supérieure l.

k''. Les artères capsulaires.

L, l. Les artères rénales.

L', l'. L'artère mésentérique inférieure.

m. Bifurcation de l'aorte.

m', *m'*. Artères crurales.
n, *n*. Artères hypogastriques.
m, *m'*. Les artères ombilicales.
X. Le canal artériel du cœur A'.
Z. Le canal artériel du cœur A.
X', X. Les deux foies.
O. *o*. Deux veines ombilicales allant dans le foie *x*.

FIGURE VIII.

A. La langue antérieure.
B'. L'épiglotte et la glotte.
C'. Le larynx.
C''. La bifurcation de la trachée-artère.
D', D. Les lobes du poumon droit.
F, F', F''. Les lobes du poumon gauche.
A. La langue postérieure atrophiée.
B. La glotte postérieure atrophiée.
C. Le larynx postérieur atrophié.
D. Les lobes du poumon gauche atrophiés légèrement.
F, F. les lobes du poumon droit.
G. L'œsophage commun.
H, H. Les deux estomacs confondus et ne formant qu'une seule cavité.
h. Le commencement de l'intestin grêle.
i, *i*. Les deux foies.
j. Le cordon ombilical.

FIGURE V.

Reproduction de la tête de janiceps décrite par Duverney dans les Mémoires de l'Académie des Sciences.

FIGURE VI.

Intérieur du pharynx d'un hépato-dyme acomplexe.

f. Langue antérieure très-développée.
b. langue postérieure atrophiée.
c, *c*. Ouverture supérieure de l'œsophage commun.
e. Ouverture du larynx antérieur.

FIGURE VII.

L'un des cervelets isolés.

A. Cervelet.

b, *b*, *b*, *b*. Tubercules quadrijumeaux antérieurs et postérieurs.

d, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *i*. Divers nerfs crâniens.

FIGURE IX.

Les deux cervelets d'un hépato-dyme acomplexe (eniops) vus en place.

D, D, E. Cervelets.

c, *c*. Scissure de communication du troisième au quatrième ventricule cérébral.

a, *a*. Nerf olfactif antérieur.

b, *b*. Nerfs optiques antérieurs.

g, *e*. Nerfs optiques postérieurs.

i. OEil postérieur.

j. Corps ou glande pituitaire.

g', *g'*, *g'*, *e'*, *e'*, *e'*. Divers nerfs crâniens.

FIGURE X.

Hémisphères cérébraux d'un hépato-dyme acomplexe vus par la partie postérieure.

A. Hémisphère droit.

B. Hémisphère gauche.

c. Commencement de leur grande scissure.

D. Ouverture auriculaire.

FIGURE XI.

Organes visuels d'un hépato-dyme acomplexe (eniops).

A. OEil postérieur formé par la réunion des deux yeux.

G, G. Nerfs optiques séparés d'abord, puis confondus.

E, D. Portion des cervelets.

F. Ingrassias traversé par un des nerfs optiques antérieurs.

C, B. Les deux yeux antérieurs, propres l'un à l'un des enfants, l'autre à son frère.

FIGURE XII *bis*.

Les deux cervelets et les hémisphères cérébraux simples d'un hépato-dyme acomplexe.

A, B. Hémisphères cérébraux simples.
C, D. Les deux cervelets.
F, F. Le haut des deux moelles épinières.

PLANCHE XVII.

Ensemble de l'organisation de l'hépato-dyme complexe mâle.

A. Enfant droit.
B. Enfant gauche.
C. Cordon ombilical unique.
j. Diaphragme soulevé.
i, *x*. Foie complexe.
l. Estomac de l'enfant gauche.
L. Estomac de l'enfant droit.
d. Poche commune dans laquelle se rendaient les trois portions du canal digestif, désignées par les lettres *e*, *t*, *f*.
n. Cœcum unique.
q, *s*, *s*. Vaisseaux omphalo-mésentériques.
h. Ouraque.
m. Gros intestin.
R. Artère ombilicale.
K, *u*. Intestins grêles.
N^os^ 1, 2. Testicules.
N° 3. Pénis.

PLANCHE XVIII.

Détails d'organisation de l'hépato-dyme mâle.

A. Sujet gauche.
v. Cœur de ce sujet surmonté de son oreillette.

q. Poumon gauche.

T. Trachée-artère.

S. Aorte ascendante avec ses bifurcations.

N° 7. Veine cave supérieure droite.

N° 8. Veine cave supérieure gauche.

N° 9 et 10. Nerf pneumo-gastrique.

g, *g*, *g*. Diaphragme commun.

p. Les deux reins de l'enfant gauche surmontés de leurs capsules, et réunis par leur partie inférieure.

o. Uretère de ce rein.

y. Vessie antérieure renversée dans laquelle se rend cet uretère.

n. Poche vésicale imperforée.

z. Artère transverse commune.

B. Organes du sujet droit.

A, A. Poche représentant le cœur divisée par une rainure médiane.

b. Bulbe de l'aorte ascendante, et ses divisions principales *c*, *d*, *e*.

f. Poumon à deux lobes.

t. Trachée-artère.

N° 2, 3, 4. Ganglions cervicaux du nerf grand sympathique.

N° 5. Insertion du muscle mylo-hyoïdien.

i. rein droit.

h. Capsule surrénale droite.

j. Uretère de ce rein se rendant dans la vessie normale *y*.

l. rein gauche.

k. Capsule surrénale gauche.

x. Uretère de ce rein se rendant dans la poche vésicale imperforée *n*.

v. Artère rénale.

x, *z*. Artère transverse communiquant d'un sujet à l'autre.

m, *m*, *m*. Terminaison du gros intestin.

z, *z*. Cuisses des deux enfants.

PLANCHE XIX.

Système sanguin de l'hépato-dyme mâle.

Cette planche a pour objet de montrer l'ensemble des systèmes artériels et veineux de l'hépato-dyme mâle, avec leurs rapports normaux et insolites.

A. Sujet droit.
A', G. Courbure de l'aorte.
B, C, D, F. Troncs artériels s'élevant de la courbure de l'aorte.
H. Artère sous-clavière gauche.
J. Artère sous-clavière droite.
K. Bifurcation inférieure de l'aorte.
L'. Artère transverse commune.
L. Veine transverse commune.
o, 5. Tronc de la veine cave inférieure.
M. Veine iliaque.
N^os^ 1 et 2. Ganglions du grand sympathique.
N° 3. Fin du gros intestin.

B. Sujet gauche.
O, P. Cœur.
f. Veine cave supérieure droite.
g. Veine cave supérieure gauche.
c, *d*. n° 6. Troncs s'élevant de la courbure de l'aorte.
h. Tronc de l'aorte.
U. Artère transverse servant de lien d'union entre ces deux systèmes artériels.
l. Artère iliaque gauche.
j. Veine iliaque.
K. Artère ombilicale.
N^os^ 6, 7, 8, 9, 10. Ganglions du grand sympathique.
y, *y*. Les deux cuisses antérieures.

PLANCHE XX.

Squelette de l'hépato-dyme male.

Le squelette de l'enfant placé à droite A a été dessiné au trait, celui de l'enfant situé à gauche B a été ombré. Cette petite innovation dans la représentation des parties me paraît indispensable pour faire distinguer dans les êtres associés, ce qui appartient à l'un ou à l'autre.

A. Enfant droit.

n. Région cervicale des vertèbres.

o. Scapulum droit.

C, L. Clavicule droite.

i, *h*. Sternum offrant au milieu un hyatus profond, de sorte que la moitié droite de cet os est tout-à-fait séparée de sa moitié gauche.

G. Appendice xiphoïde unissant les sternums des deux enfants.

u, *v*, *x*, *z*. Côtes de l'enfant droit.

I. Région lombaire des vertèbres.

K, K. Les deux os coxaux.

a, *b*, *a'*, *b'*. Premier et cinquième doigts composés de deux phalanges au lieu de trois.

E, F. Membre surnuméraire droit.

f. Phalange unique représentant le petit doigt de ce pied.

B. Enfant gauche.

m. Région cervicale des vertèbres.

P. Scapulum gauche.

C, L. Clavicule gauche.

q, *r*, *s*. Côtes de l'enfant situées à gauche.

J. Région lombaire des vertèbres.

L, L. Os coxaux.

C. Pubis postérieur.

N° 6. Pièce osseuse unique formée par la réunion des deux parties supérieures des fémurs surnuméraires.

D. Cartilage correspondant aux condyles inférieurs du fémur de la cuisse gauche surnuméraire. La jambe gauche avait été détachée et perdue dans l'examen auquel avait été soumis cet hépato-dyme avant de nous être remis.

FIN DE L'EXPLICATION DES PLANCHES.

TABLEAUX DES OBSERVATIONS

Dont les résultats tout calculés sont contenus dans l'exposé des recherches sur les forces élastiques de la vapeur d'eau à de hautes températures. Voy. tome X, p. 193.

L'Académie a décidé qu'à la suite de l'exposé des recherches sur la détermination des forces élastiques de la vapeur d'eau, imprimé dans le tome X de ses Mémoires, p. 193, on placerait les données immédiates de l'observation et les mesures qui ont servi de bases au calcul des tables contenues dans ces recherches. Diverses circonstances se sont opposées à l'impression de ces documents dans le tome X, ainsi que l'indiquait la note de la page 236; une autre note mise à la fin du même volume avertit qu'ils se trouveront dans celui-ci.

Pour comprendre l'usage que l'on doit faire des données suivantes, il faut avoir recours aux différentes parties du Mémoire auxquelles elles se rapportent.

GRADUATION DU MANOMÈTRE.

(Voy. tome X, p. 201.)

La graduation du manomètre a été faite de deux manières.

1° Le tube manométrique étant situé verticalement à côté d'une règle divisée et contenant déja du mercure jusqu'à la hauteur de 8,64 doubles centim., on a versé successivement

un même volume de mercure, capable de former une colonne de trois doubles centimètres de longueur environ, et l'on a noté, comme on le voit dans le tableau suivant, les hauteurs auxquelles correspondaient la première, la deuxième, etc., jusqu'à la dernière. Le volume du mercure pris pour unité étant arbitraire, il a fallu calculer la fraction de ce volume nécessaire pour achever de remplir l'intérieur du manomètre; pour cela, on a pesé la masse de mercure dont le volume était pris pour unité et ce qu'il en restait après avoir rempli le tube; la différence, divisée par le poids total, a donné la mesure du dernier compartiment, qui s'est trouvée égale à 0,916.

Première graduation du manomètre.

HAUTEUR de la colonne de mercure en doubles centimètres.	NOMBRE des mesures portées dans le tube manométrique.	DIFFÉRENCES des hauteurs consécutives ou longueur du cylindre occupé par chaque mesure.	VOLUME occupé par le fluide élastique pour chaque ligne de niveau de la première colonne.
8,64	0		23,916
11,63	1	2,99	22,916
14,55	2	2,92	21,916
17,43	3	2,88	20,916
20,30	4	2,87	19,916
23,12	5	2,82	18,916
25,93	6	2,81	17,916
28,75	7	2,82	16,916
31,60	8	2,85	15,916
34,49	9	2,89	14,916
37,44	10	2,95	13,916
40,49	11	3,05	12,916
43,72	12	3,23	11,916
47,00	13	3,28	10,916
50,36	14	3,36	9,916
53,81	15	3,45	8,916
57,26	16	3,45	7,916
60,75	17	3,49	6,916
64,27	18	3,52	5,916
67,76	19	3,49	4,916
71,21	20	3,45	3,916
74,59	21	3,38	2,916
77,87	22	3,28	1,916
81,07	23	3,20	0,916

Observ. Le même point de repère qui, lors de la graduation, correspondait au n° 8,64 de la règle, se trouvait remonté au n° 10 de la même règle pendant tout le temps des observations; il faut donc retrancher 1,36 du nombre observé, pour connaître, dans chaque cas, le volume, par la table ci-dessus.

Deuxième graduation du manomètre.

En calculant les observations sur la compression de l'air, d'après la graduation de la page 899, on trouvait que les volumes observés s'éloignaient de ceux qu'indiquait la loi de Mariotte d'autant plus que les élasticités étaient plus faibles. Pour savoir si cette anomalie singulière ne dépendait pas des erreurs occasionnées, dans la première graduation, par les variations de température presque impossibles à éviter dans une opération si longue, on a jaugé le tube manométrique, après les expériences, par un autre procédé qui ne fît pas dépendre chaque mesure de toutes les mesures précédentes. On a limé avec précaution l'extrémité de la pointe supérieure du manomètre, de manière à faire une très-petite ouverture, sans altérer sensiblement le volume intérieur. Après avoir nettoyé intérieurement le tube, pour empêcher le mercure d'adhérer aux parois, on a fermé, à la lampe, son extrémité inférieure. Ce tube étant alors appliqué contre un support vertical à côté de la règle du manomètre, on a fait coïncider le repère avec le n° 10 doubles cent. de l'échelle; ainsi que cela avait eu lieu pendant les observations. On a déterminé le poids de mercure nécessaire pour remplir tout le volume intérieur du tube à partir du plan de niveau du repère; ce poids est de $490^{gr.},900$. Puis on a vidé le tube et, après avoir mis du mercure jusqu'au niveau du repère, on a versé le tiers, la moitié, les trois quarts, les quatre-cinquièmes, etc. du mercure nécessaire pour remplir le volume intérieur, et l'on a noté, après chaque addition, le point de l'échelle auquel correspondait le sommet de la colonne. La table suivante indique donc d'une manière

aussi exacte que le comporte la division de la règle les points qui correspondent aux $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, etc. du volume total.

Pour calculer les expériences sur la compression de l'air à l'aide de cette nouvelle graduation, il faut rapporter chaque observation au terme le plus voisin de la table ci-dessous; la valeur de la différence en plus ou en moins étant estimée par le moyen de la première table dont chacun des compartiments équivaut au volume de $20^{gr},522$ de mercure. On remarque, comme on devait s'y attendre, que les observations qui s'accordent le mieux avec la loi, sont celles qui s'écartent le moins des termes fixés par la table suivante.

Quant aux résultats des observations sur la force élastique des vapeurs, ils sont indépendants des erreurs de graduation du manomètre.

Deuxième graduation du manomètre.

Le point de départ sur le tube du manomètre étant ramené à $10^{d.\,c.}$, comme dans les observations.

Le volume entier compris depuis $10^{d.\,c.}$ jusqu'au haut du tube est égal au volume de $490^{gr.},9$ de mercure.

Chaque compartiment de la première graduation équivaut à $20^{gr.},522$ de mercure à la même température.

VOLUME occupé par l'air en prenant pour unité le volume total du tube jusqu'au repère qui correspond à $10^{d.\,c.}$ sur la règle du manomètre.	NIVEAU correspondant sur la règle.	POIDS du mercure représentant le volume de l'air.
$\frac{2}{3}$	$32^{d.\,c.}$,905	327,267
$\frac{1}{2}$	45 ,025	245,45
$\frac{1}{3}$	58 ,475	163,633
$\frac{1}{4}$	65 ,405	122,725
$\frac{1}{5}$	69 ,560	98,18
$\frac{1}{6}$	72 ,315	81,816
$\frac{1}{8}$	75 ,667	61,362
$\frac{1}{10}$	77 ,645	49,09
$\frac{1}{10}$	80 ,535	30,681
$\frac{1}{22}$	81 ,828	20,454
$\frac{1}{27}$	82 ,433	18,182

Dimensions des tubes qui servaient à contenir la colonne de mercure destinée à mesurer l'élasticité de l'air.

Voyez tome X, pages 203 et 206.

Numéros des tubes.	Diamètre supérieur en millim.	Diamètre inférieur en millim.	DISTANCE verticale entre deux viroles consécutives, ou longueur des tubes en doubles centimètres, (les numéros suivent l'ordre des hauteurs.)	HAUTEUR totale de l'extrémité supérieure des tubes au-dessus de la première virole en doubles centimètres.
12	7 mill.	5 mill.	97,46	1171,89
11	6	6	97,93	1074,43
10	7	5,5	97,65	976,50
9	5,5	5,5	97,58	878,85
8	5,5	5	97,51	781,27
7	6	5	97,45	683,76
6	5,5	5	97,66	586,31
5	5	4	97,73	488,65
4	5	5	97,59	390,92
3	6	6	97,69	293,33
2	5	4,5	97,71	195,64
1	5	5	97,93	97,93

Détermination du volume initial de l'air renfermé dans le manomètre.

Voyez tome X, p. 205.

LUNETTE pointée sur le sommet de la col. verticale.	LUNETTE pointée sur le sommet de la col. du manomètre entre les 2 observations précédentes.	DIFFÉRENCE de niveau en centimètres à ajouter à la hauteur du baromèt. ou à en retrancher.	HAUTEUR en doubles centimèt. de la colonne verticale au-dessus de la première virole.	TEMPÉR. de cette colonne th. centig.	HAUTEUR du barom. pendant l'observat.	TEMPÉR. du barom. th. cent.	NIVEAU du sommet de la colonne de mercure dans le manomètre sur son échelle.	TEMPÉR. de l'air du manomèt. th. cent.
Première détermination, 25 octobre 1827, dans la tour.								
av. 7,915 ap. 7,915	4,265	+3,650	9,45	15°,1	0,7644	15°,5	11,628	14°,3
Deuxième détermination, 25 octobre 1827, dans la tour.								
av. 7,715 ap. 7,770	3,640	+4,102	9,37	14°,9	0,75395	15°	11,325	13°,3
Troisième détermination, 7 novembre 1827, dans la tour.								
av. 7,205 ap. 7,205	4,700	+2,505	8,13	13°	0,7633	13°,2	10,95	12°,4
Quatrième détermination, 25 octobre 1827, dans la tour.								
av. 7,255 ap. 7,255	4,825	+2,430	8,16	13°	0,7633	13°,2	10,97	12°,5
Cinquième détermination, 25 novembre 1827, à l'Observatoire.								
av. 68,5 ap. 68,5	68,940	—0,440	»	»	0,7602	2°	10,975	2°
Sixième détermination, 27 novembre 1827, à l'Observatoire.								
av. 68,980 ap. 68,980	69,945	—0,965	»	»	0,7679	1°	11,565	0°,7
Septième détermination, 17 octobre 1828, à l'Observatoire.								
av. 70,560 ap. 70,560	68,465	2,095	8,06	12°	0,76325	12°	11,165	9°,9

Expériences ayant pour objet de déterminer la relation des volumes et des élasticités correspondantes d'une même masse d'air atmosphérique.

Voyez tome X, pages 205 et 206.

N° des sér.	Tempér. de l'air du manomèt. th. centigrade.	NIVEAU du sommet de la col. de merc. dans le manomèt. sur sa propre échelle.	HAUTEUR du baromètre.	Tempér. du barom. th. centigr.	Numéro du tube où se trouve le sommet de la colonne de mercure qui mesure l'élast. de l'air.	HAUTEUR du sommet de la col. du manomètre au-dessus du repère immédiat. au-dessous, en doubles centimètres.	TEMPÉRATURE de la colonne de mercure.					
							th. 1.	th. 2.	th. 3.	th. 4.	th. 5.	th. 6.
Ire SÉRIE.												
1	Voyez la première détermination du volume initial de l'air du manomètre, p. 904.											
2	14°,3	45d c.,163	0,7642	15°,5	1	81d c.,4	15°					
3	14 ,4	66 ,35	0,7639	16 ,2	2	89 ,575	15,2	15				
4	14 ,5	68 ,472	0,7641	15	3	13 ,35	15,2	15				
5	14 ,5	73 ,277	0,7639	16 ,2	3	87 ,475	id.	id.				
6	14 ,5	74 ,490	0,7637	14 ,9	4	17 ,56	15,2	14,9				
7	14 ,5	76 ,612	0,7638	15 ,5	4	85 ,36	15,2	15	14,2			
8	14 ,5	78 ,561	0,7636	15 ,2	5	87 ,43	15,1	15	14,4			
9	14 ,5	78 ,930	0,7638	15	6	14 ,77	15,2	14,8	14,5			
10	14 ,4	79 ,742	0,7635	14 ,9	6	84 ,35	15,1	15,1	14,4	13,9		
IIe SÉRIE.												
1	Voyez la deuxième détermination du volume initial de l'air du manomètre, p. 904.											
2	13 ,5	44 ,952	0,7531	15	1	81 ,045	15					
3	13 ,6	65 ,608	0,7531	15	2	82 ,86	14,9	14,8				
4	12 ,5	68 ,448	0,7685	14	3	11 ,43	14	13				
5	12 ,5	69 ,323	0,7685	14	3	21 ,80	14	13				
6	12 ,6	72 ,320	id.	id.	3	66 ,625	id.	id.				
7	id.	73 ,475	id.	id.	3	89 ,44	id.	id.				
8	id.	73 ,44	0,7675	13 ,8	3	88 ,715	id.	id.				
9	id.	74 ,97	0,7673	13 ,8	4	28 ,35	id.	id.				
10	id.	75 ,00	0,7675	13 ,8	4	29 ,29	id.	id.				
11	13 ,8	75 ,922	0,7528	15	4	59 ,50	14,8	14,8	14			
12	12 ,7	78 ,55	0,7670	13 ,8	5	82 ,8	14	13	id.			
13	12 ,7	78 ,595	0,7670	13 ,8	5	85 ,92	14	13	13			
14	13 ,7	79 ,132	0,7528	15	6	29 ,91	14,7	14,4	14,1			
15	13 ,7	80 ,620	0,7525	14 ,8	7	87 ,27	14,7	14,5	14,1	14,2		

N° des observat.	Tempér. de l'air du manomèt. th. centigrade.	NIVEAU du sommet de la col. de merc. dans le manomet. sur sa propre échelle.	HAUTEUR du baromètre.	Tempér. du baromètre: th. centigr.	Numéro du tube où se trouve le sommet de la colonne de mercure qui mesure l'élast. de l'air.	HAUTEUR du sommet de la col. du manomètre au-dessus du repère immédiat. au-dessous en doubles centimètres.	TEMPÉRATURE de la colonne de mercure. th. 1.	th. 2.	th. 3.	th. 4.	th. 5.	th.
					III^e SÉRIE.							
1	Voyez la troisième détermination du volume initial de l'air du manomètre.											
2	11°,3	68^d.c.,47	0,7613	12°,3	3	11 ,34	12,2					
3	11 ,2	69 ,141	0,7613	12 ,3	3	19 ,26	12,2					
4	11 ,2	69 ,395	id.	id.	id.	22 ,27	id.					
5	11 ,2	72 ,31	id.	id.	id.	65 ,83	id.					
6	11 ,2	73 ,33	id.	id.	id.	85 ,63	id.					
7	11 ,2	74 ,93	id.	id.	4	26 ,37	id.	12,2				
8	11 ,2	78 ,447	id.	id.	5	75 ,24	id.	id.				
9	14 ,1	79 ,368	0,75307	14 ,6	6	48 ,68	14,9	14,2	14			
10	14 ,5	80 ,572	0,7634	14 ,9	7	83 ,10	15	14,8	14,3	14,2		
11	14 ,5	80 ,800	0,7630	15	8	17 ,14	15,3	14,8	14,3	14		
12	14 ,5	81 ,235	0,7632	15 ,1	8	88 ,68	15,1	14,9	14,3	14,2	14,7	
13	13 ,7	81 ,698	0,7525	14 ,8	9	85 ,59	14,7	14,3	14,1	14,6	14,6	
14	14 ,6	81 ,692	0,7628	15	9	87 ,5	15,3	14,8	14,4	14,2	14,5	
15	13 ,8	82 ,058	0,7525	14 ,8	10	83 ,55	14,7	14,3	14,2	id.	14,2	
16	13 ,9	82 ,323	0,7531	14 ,7	11	76 ,05	14,7	14,3	14	14,1	14	15
17	13 ,8	82 ,372	0,7531	14 ,7	11	89 ,15	14,7	14,3	14	14,1	14	15

Graduation des thermomètres.

Voyez tome X, p. 216 et suiv.

Les deux thermomètres qui ont servi à constater les températures de la vapeur et de l'eau liquide dans la chaudière avaient des échelles divisées sur verre. Ces échelles sont arbitraires, et c'est au moyen des données suivantes que l'on peut trouver les températures en degrés centigrades qui correspondent à leurs indications.

Petit thermomètre plongé dans la vapeur.

Le 0° correspond à 0^{p},35 de son échelle. L'ébullition de l'eau correspond à 62^{p},3, la tige étant plongée dans la glace, et le baromètre indiquant 0,76206. La température du baromètre étant 15°,5, $1^{p} = 1°.588$.

Grand thermomètre plongé dans l'eau.

Le 0° correspond à 8^{p}, l'eau bouillante à 59^{p},8, sa tige étant entourée de glace. Le baromètre marquant 0,7620 et sa température étant 15°,6, on trouve d'après ces données que $1^{p} = 1°,906$.

Données des expériences sur la force élastique de la vapeur dont les résultats sont rapportés dans la table de la page 220, *tome X. Voy. aussi page* 215, *et les planches* 2 *et* 3 *pour la manière de les calculer.*

N° des observat.	DATE.	TEMPÉR. du manomètre th. centigr.	NIVEAU de la colonne de mercure du manomètre sur sa propre échelle.	THERMOM. plongé dans la vapeur, échelle arbitraire.	TEMPÉR. de la tige de ce therm. en degrés centigr.	THERMOM. plongé dans l'eau, échelle arbitraire.	TEMPÉR. de la tige de ce therm. en degrés centigr.	INDICATION des observat. sur l'élasticité de l'air qui ont servi à calculer les résultats.	HAUTEUR du mercure dans le réserv. au-dessus du repère en doubles cent.
								1re dét.	
1	29 oct. 3	10°,15	34,435	76p,5	16°	71p,9	15°,5	du vol. initial.	5d.c.,56
2	25 oct. 1	10 ,4	45,16	82 ,3	14	76 ,5	15 ,75	1re série 2	6 ,1
3	28 oct. 1	8 ,6	45,35	82 ,4	16 ,6	76 ,7	13	id.	5 ,925
4	28 oct. 2	8 ,6	50,69	85 ,5	16 ,6	72 ,2	13	2e série 2	5 ,895
5	29 oct. 5	8 ,7	60,99	92 ,6	17	85	16	2e 3	5 ,48
6	28 oct. 3	8 ,7	62,710	94	17 ,1	86	13 ,7	2e 3	5 ,875
7	28 oct. 2	10 ,5	64	95 ,1	15	87	17	2e 3	6 ,04
8	2 nov. 1	11 ,7	69,373	100 ,92	15	91 ,85	14	2e 5	5 ,115
9	30 oct. 4	7 ,5	71,92	103 ,9	13	94 ,4	15	2e 6	5 ,42
10	28 oct. 4	8 ,7	72,375	104 ,7	17 ,6	94 ,9	14 ,2	2e 6	5 ,835
11	25 oct. 3	10 ,5	73,277	106 ,1	15 ,5	96 ,3	17 ,5	1re 5	6 ,035
12	28 oct. 5	9 ,1	75,922	111 ,3	17 ,6	100 ,5	14 ,5	2e 11	5 ,81
13	25 oct. 4	10 ,6	76,61	113 ,1	15 ,7	102 ,1	18 ,5	1re 7	6 ,02
14	28 oct. 6	9 ,3	77,393	115	17 ,6	103 ,7	15 ,2	1re 7	5 ,773
15	22 oct. 2	15 ,8	77,393	115 ,95	22 ,7	104 ,7	40	1re 7	6 ,073
16	25 oct. 5	10 ,7	78,56	119 ,1	15 ,8	107	18 ,2	1re 8	6 ,01
17	28 oct. 7	9	79,313	122	20 ,6	109 ,4	18	3e 9	5 , 72
18	25 oct. 6	10 ,6	79,74	124	16	111	19	1re 10	6 ,008
19	24 oct. 1	11 ,5	79,94	125	22	112 ,2	19 ,2	1re 10	6 ,2
20	25 oct. 7	10 ,4	80,27	126 ,5	16 ,8	113 ,2	20	3e 10	5 ,98
21	2 nov. 6	11 ,6	80,27	126 ,7	20 ,5	113 ,45	17 ,5	3e 10	4 ,93
22	24 oct. 2	11 ,5	80,315	127	16 ,3	113 ,8	20	2e 15	6 ,56
23	28 oct. 8	8 ,9	80,57	128	23 ,6	114 ,5	18	3e 10	5 ,633
24	25 oct. 8	10 ,5	80,58	128 ,2	17	114 ,7	20	3e 10	5 ,95
25	25 oct. 9	10 ,5	80,69	129	17	115 ,3	20	3e 10	5 ,92
26	28 oct. 9	8 ,7	81,18	131 ,9	23 ,6	117 ,7	18	3e 12	5 ,575
27	28 oct. 10	8 ,7	81,36	133 ,1	23 ,6	118 ,8	20	3e 12	5 ,55
28	28 oct. 11	8 ,6	81,42	133 ,8	24 ,6	119 ,2	20	3e 13	5 ,52
29	30 oct. 8	6 ,9	81,633	135	18	120 ,4	18	3e 13	5 ,25
30	30 oct. 11	6 ,85	81,853	137	19	122	19 ,7	3e 13	5 ,14

La différence de niveau du sommet de la colonne d'eau d' et du repère m est, pour toutes les observations, de $49^{d.c.},125$. Le plan horizontal mené par le repère m correspond à la hauteur de $4^{d.c.},115$ sur l'échelle du manomètre dans toutes les observations, excepté la 15^{e}, pour laquelle ce plan rencontre la règle du manomètre à $4^{d.c.},15$.

FIN DU TOME ONZIÈME.

ERRATA.

Mémoire sur l'influence de deux couleurs juxtaposées.

Page 516, ligne 2 en remontant, au lieu de *bleu*, lisez *blanc*.

Recherches d'anatomie transcendante et pathologique.

Pages, lignes.

657, 18, il y a aussi un cerveau, *lisez*, il y a ainsi.

703, 18, ganglions cervicaux intercostaux, *lisez*, ganglions cervicaux et intercostaux.

762, 15, leur repos, *lisez*, leurs repas.

18, la communauté du repos, *lisez*, la communauté des repas.

789, 12, tous à la distinction, *lisez*, à la fonction.

818, 5, fournissait au tronc, *lisez*, un tronc.

826, 4, renflement intérieur, *lisez*, inférieur.

831, 4, et que des deux organes, elles n'aient produit qu'un seul, *lisez*, et qui de deux organes se sont réduits à un seul.

833, 19, un ventricule, *lisez*, une vésicule.

845, 19, détendu par, *lisez*, distendu.

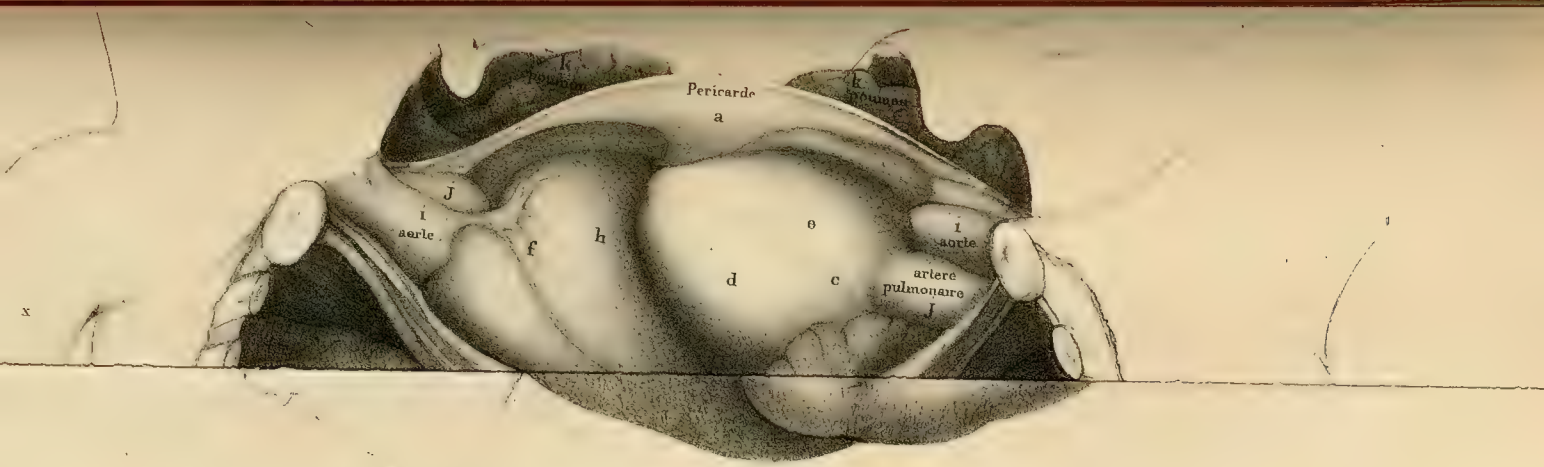
850, 11, que représentaient, *lisez*, représentent.

854, 14, s'ouvraient dans l'intérieur, *lisez*, à l'extérieur.

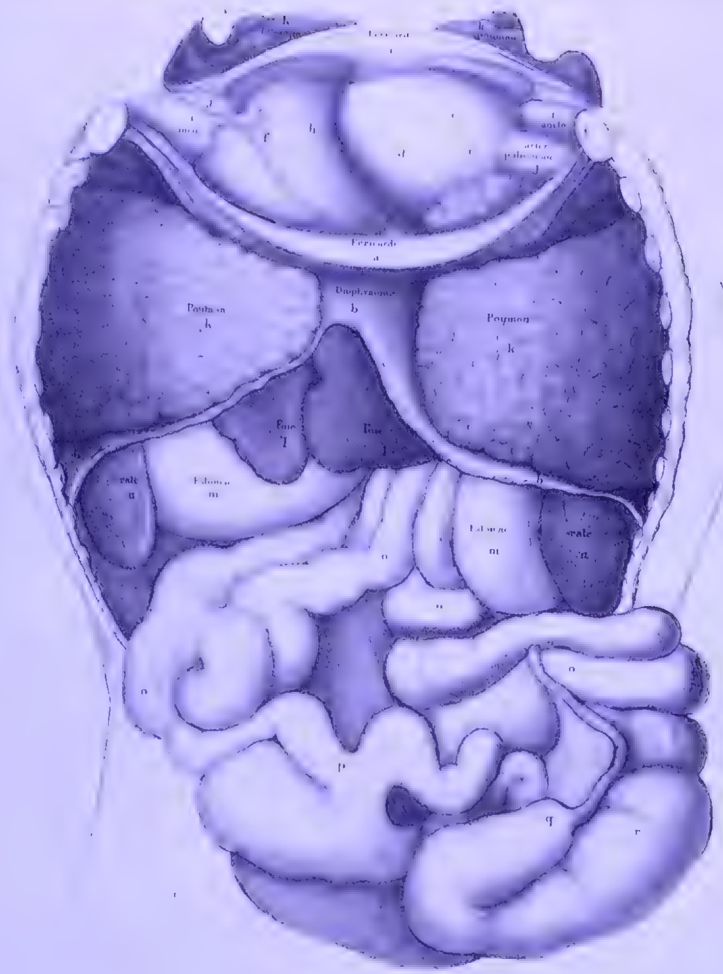
1/2 grandeur naturelle.

Lith de Delaporte.

RITA CRISTINA Pl. 1



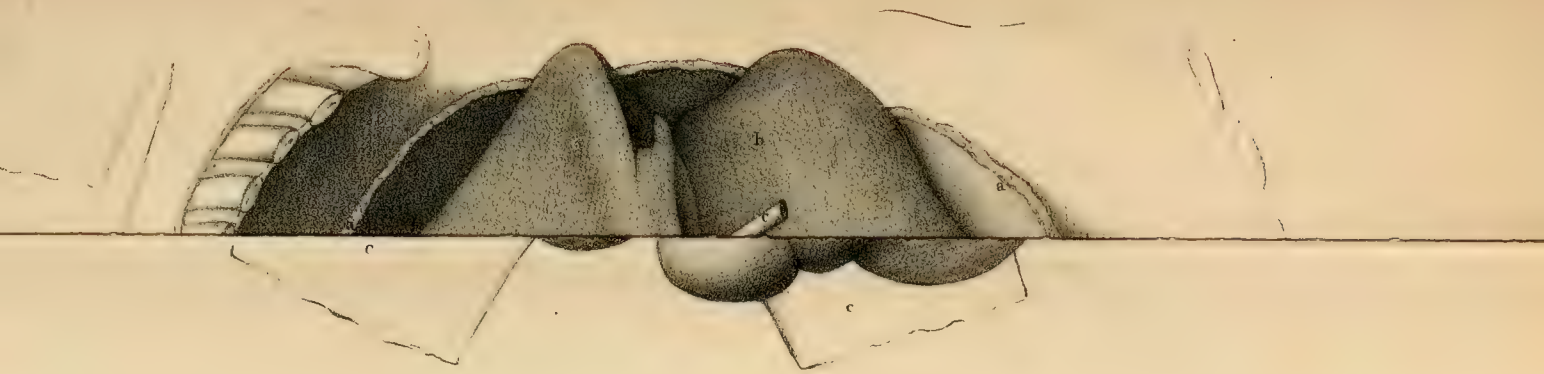
Lith de Delaporte S.t de Langlume



Martin. fil.

Lith. de Delaporte S. de Lom.

B



Lith. de Deïaporte.

Martin d'après Huet

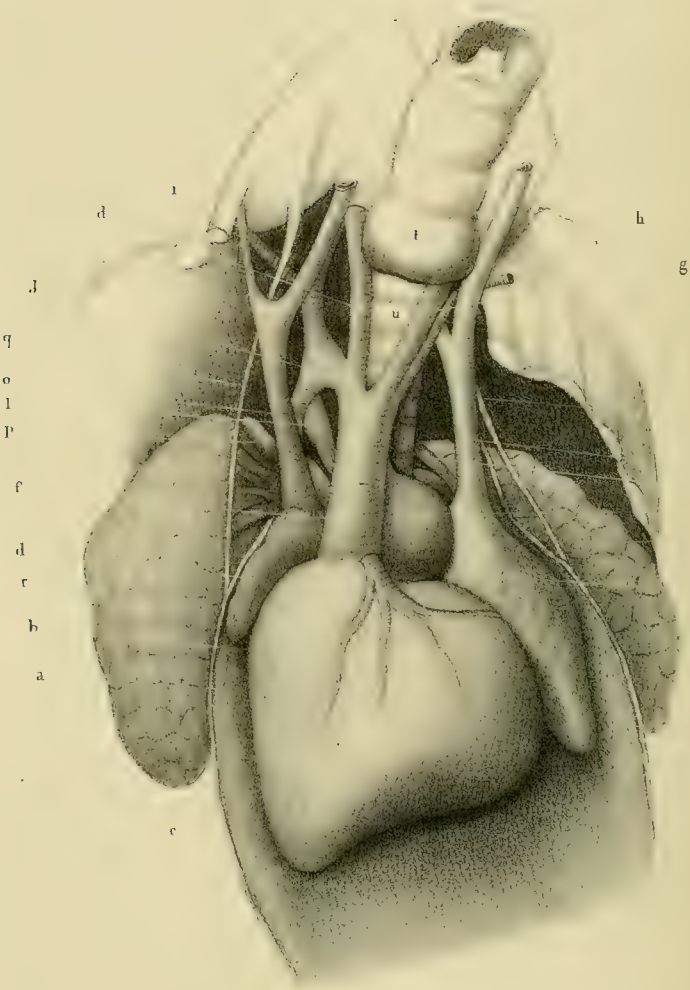
A

PLATE

B

Fig 1

R.

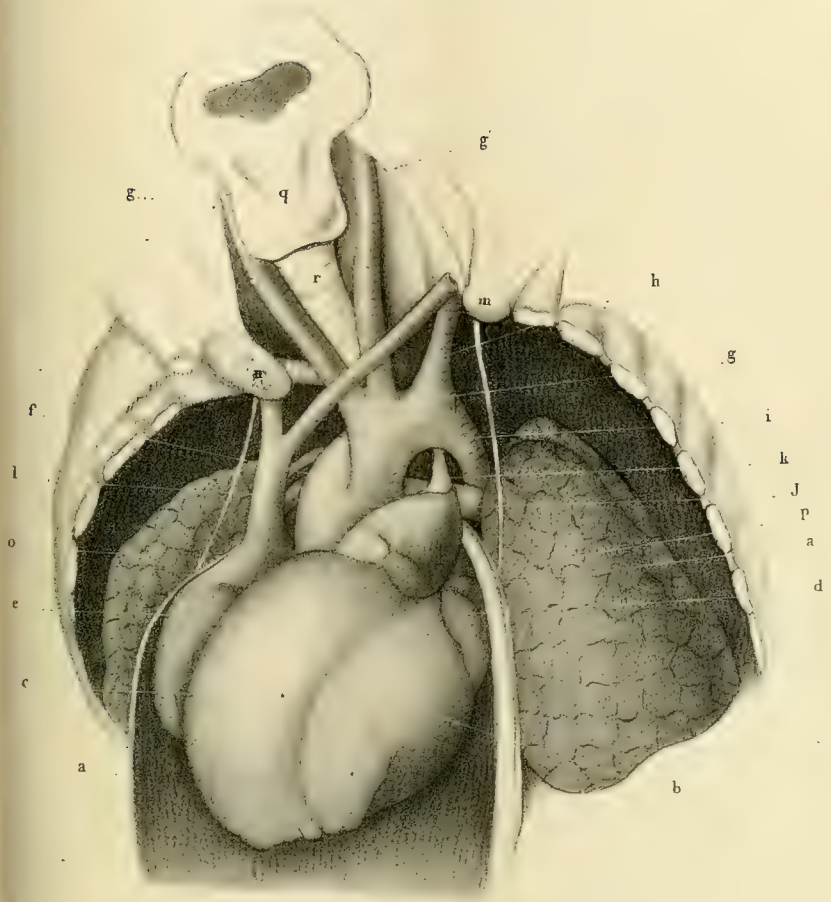


Martin d'après Huet

Fig 2

Pl. IV.

C.



Lith. de Delaporte S.t de Langlumé

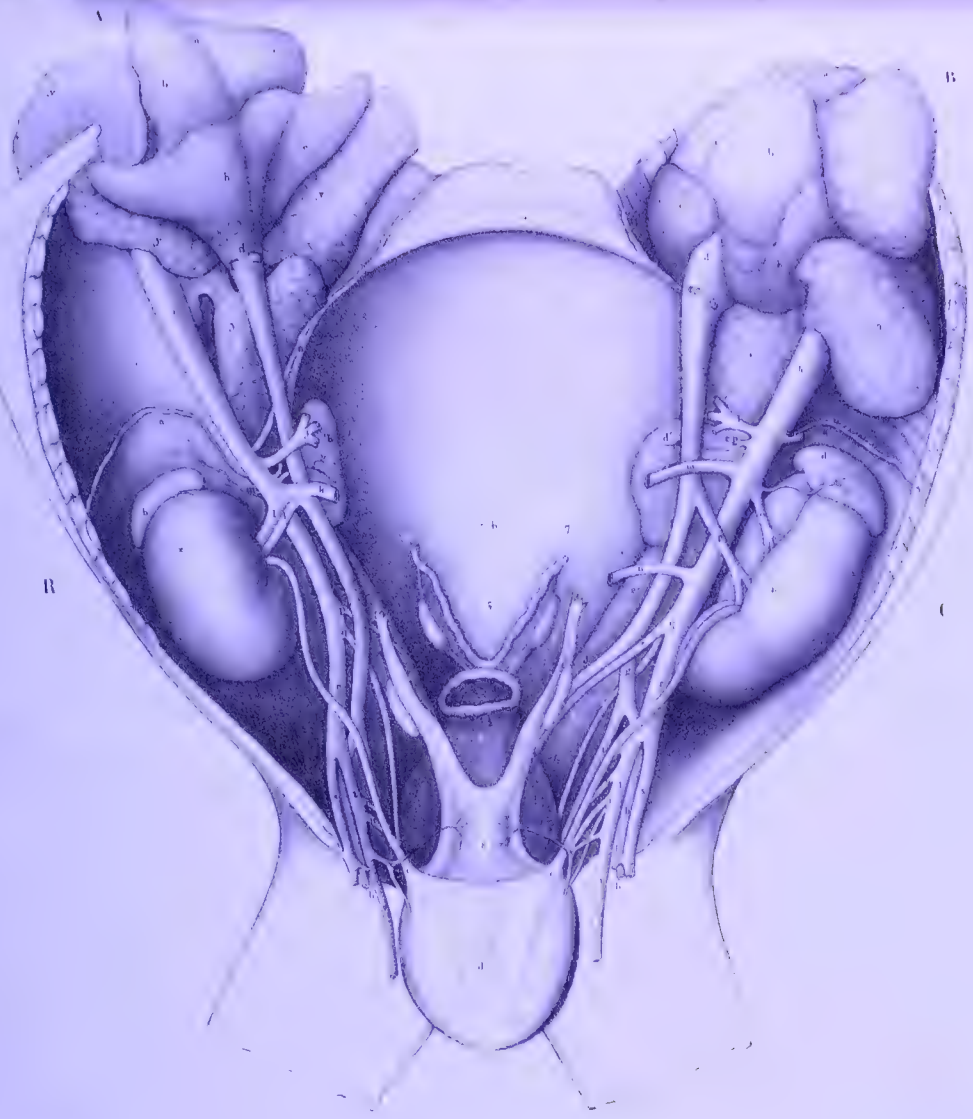
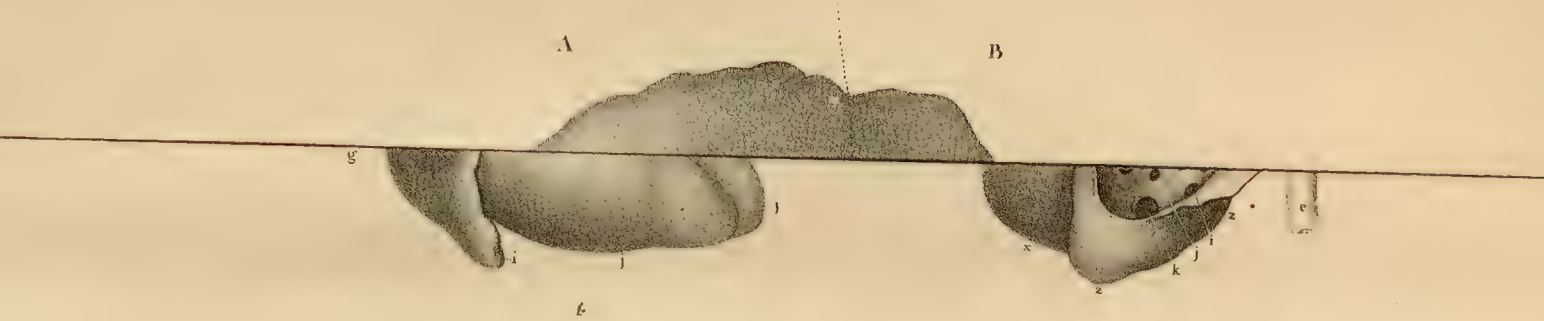


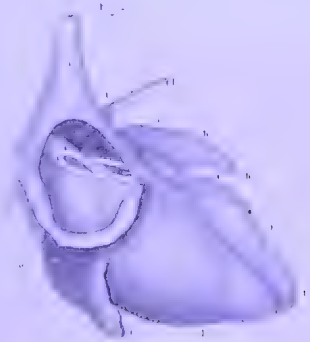
Fig. 1.

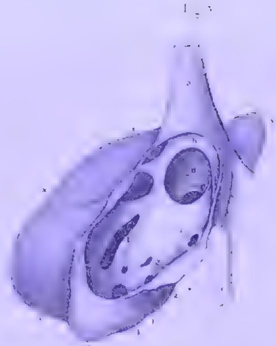


Martin d'après Huet

Lith. de Delaporte

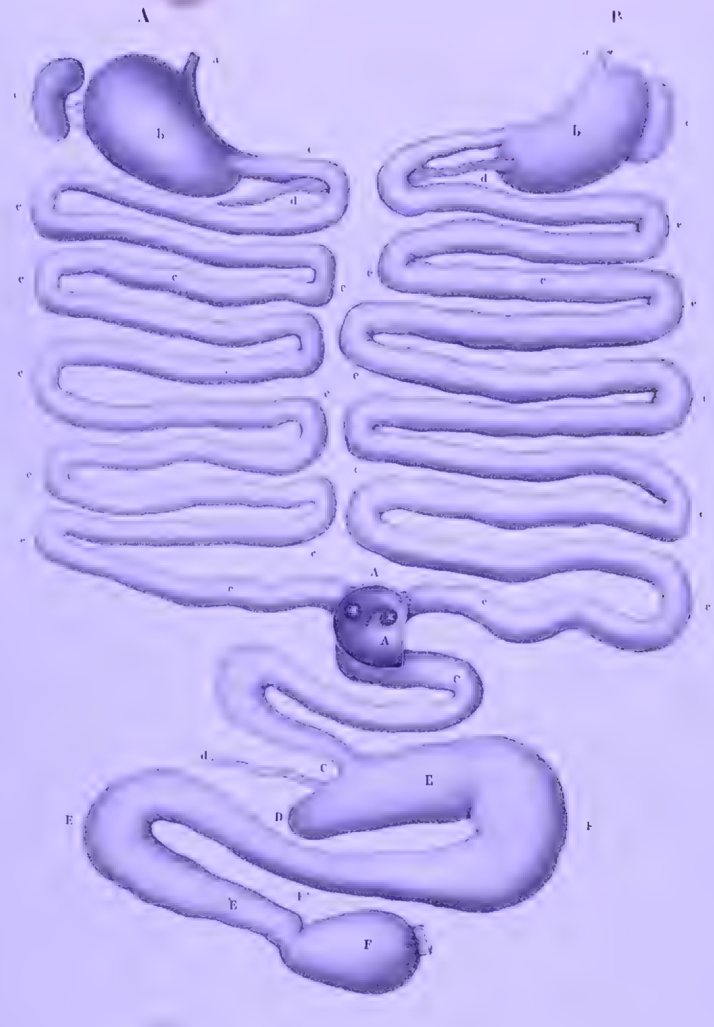
Fig. 1





Martin d'après Huet

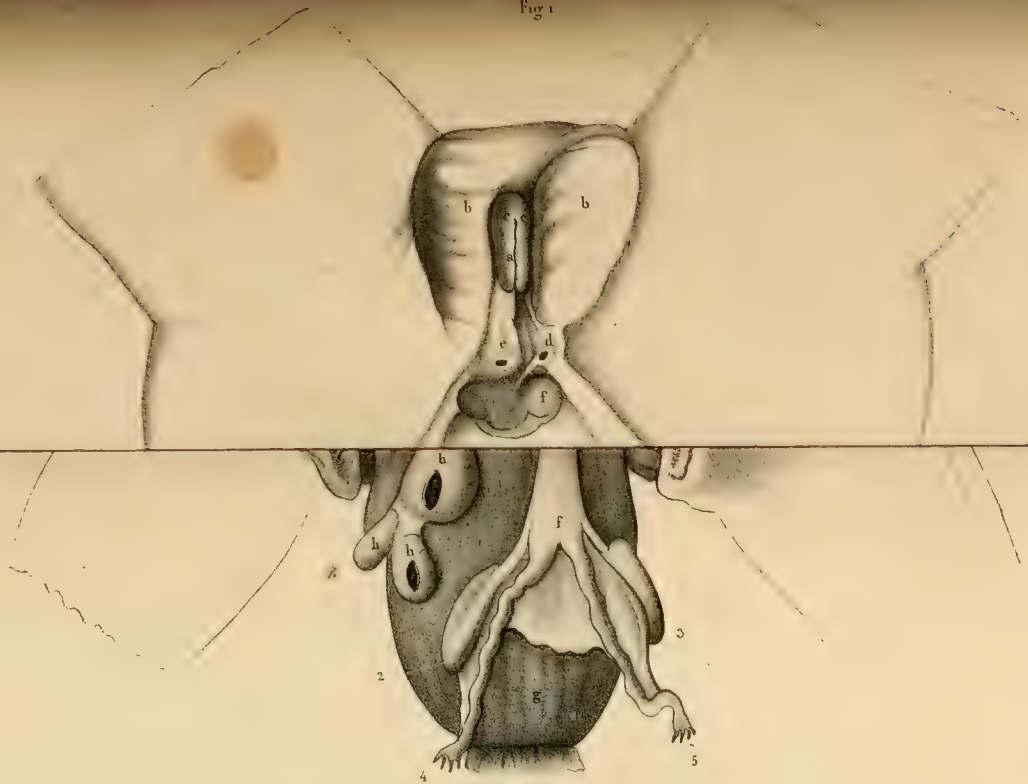
Imp. de Delaporte



Lith de Delaporte & de Longchamp

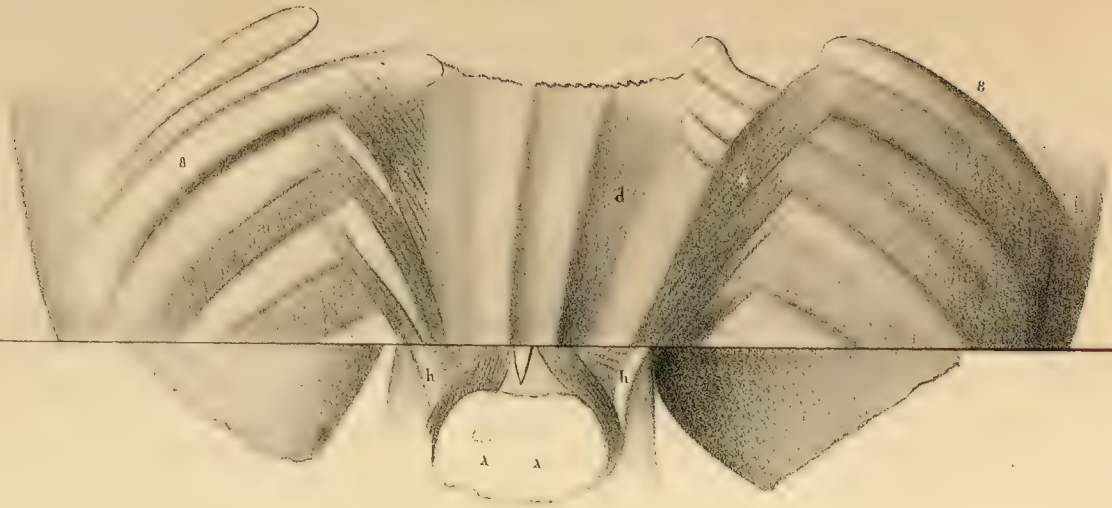
Marie del. ap. Huet

Fig 1



Martin d'après Huet.

Martin d'apres Huet



Lith de Delaporte

C

A

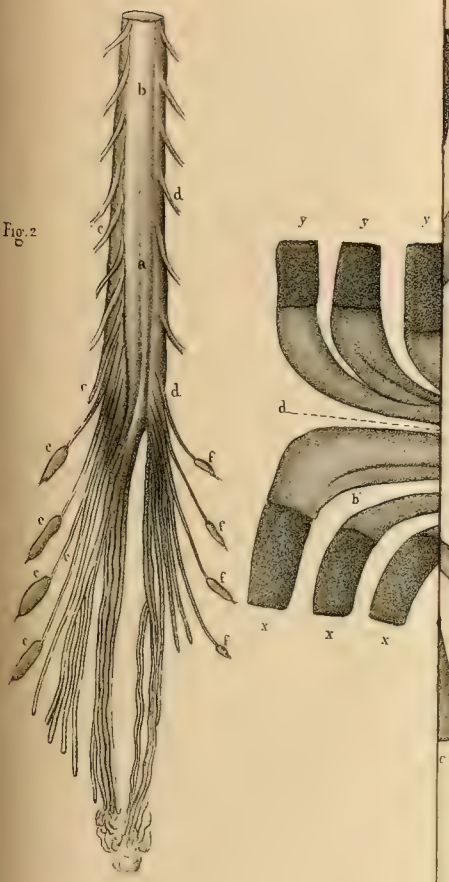


Fig. 2

R

B

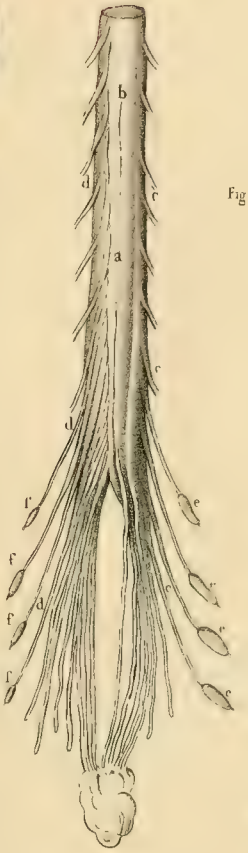
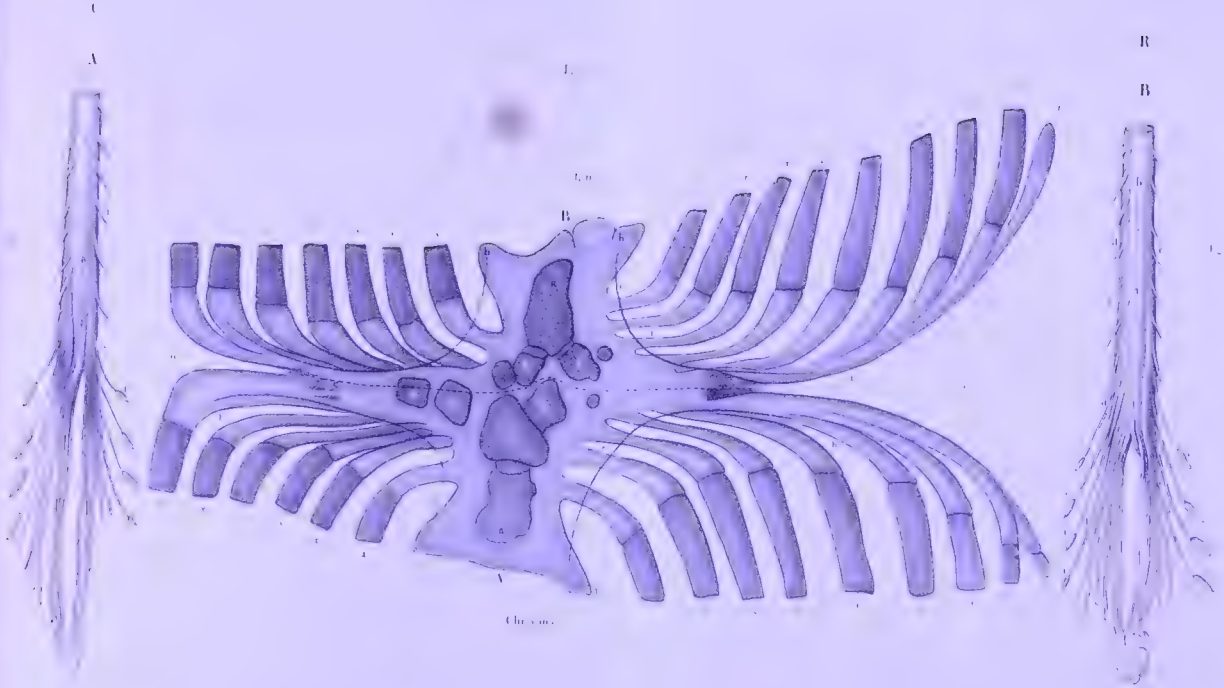


Fig 3

Martin d'après Huët.

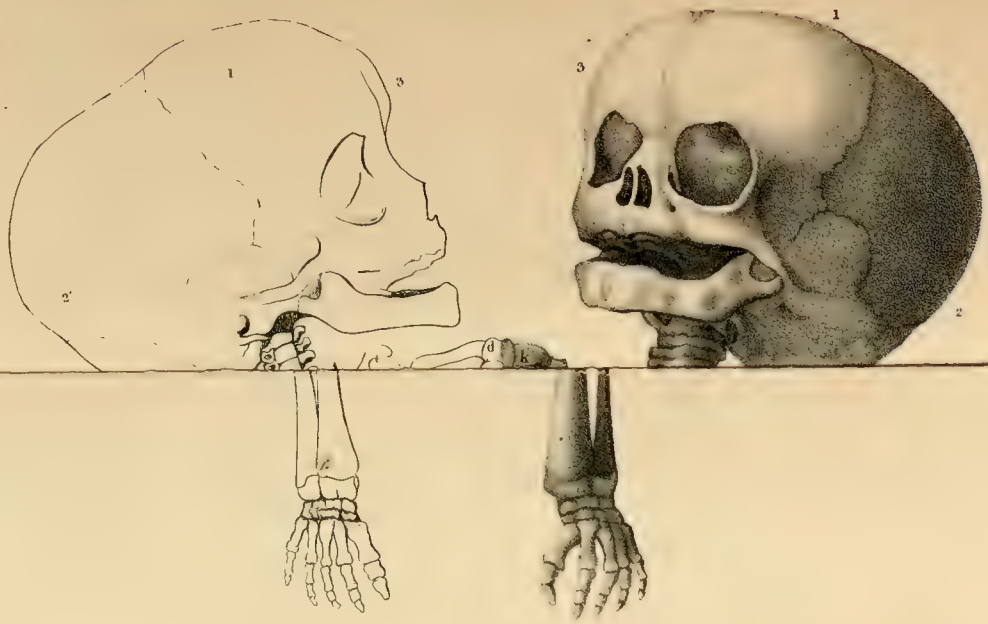
Lith. de Delaporte


A
B
B

RITA

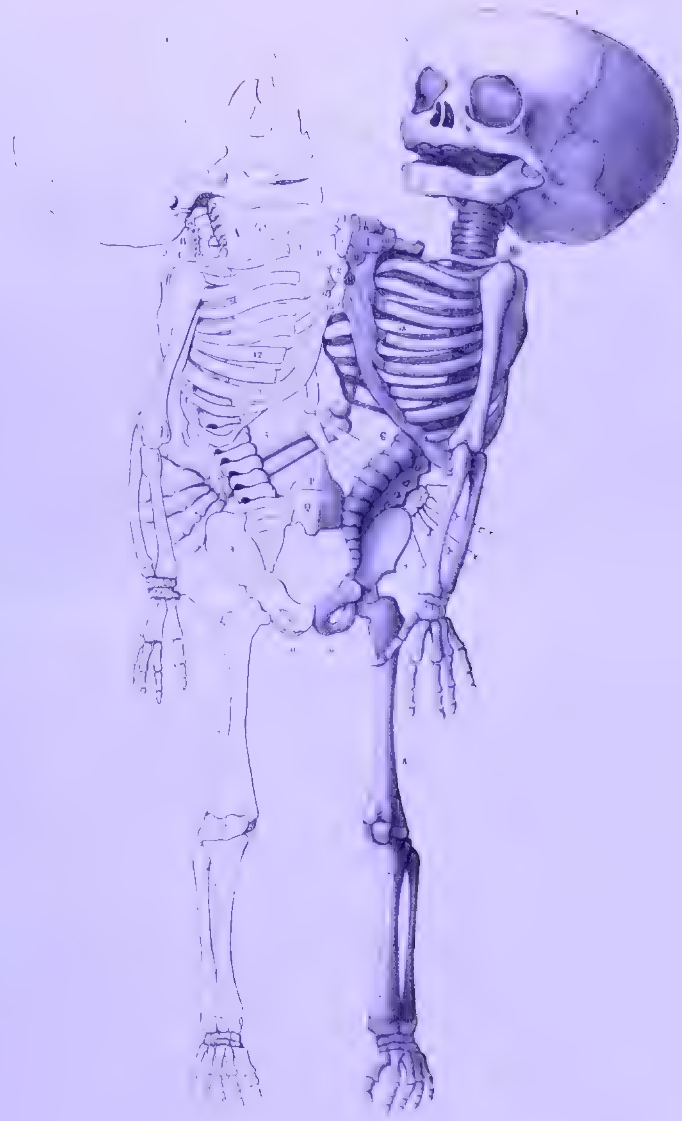
CRISTINA

PL. XI.



Marin d.apr.s Cassas

Lith de Delaporte



Martin d'après Cassus

Lith de Delaporte

Fig. 1.

Fig. 2.

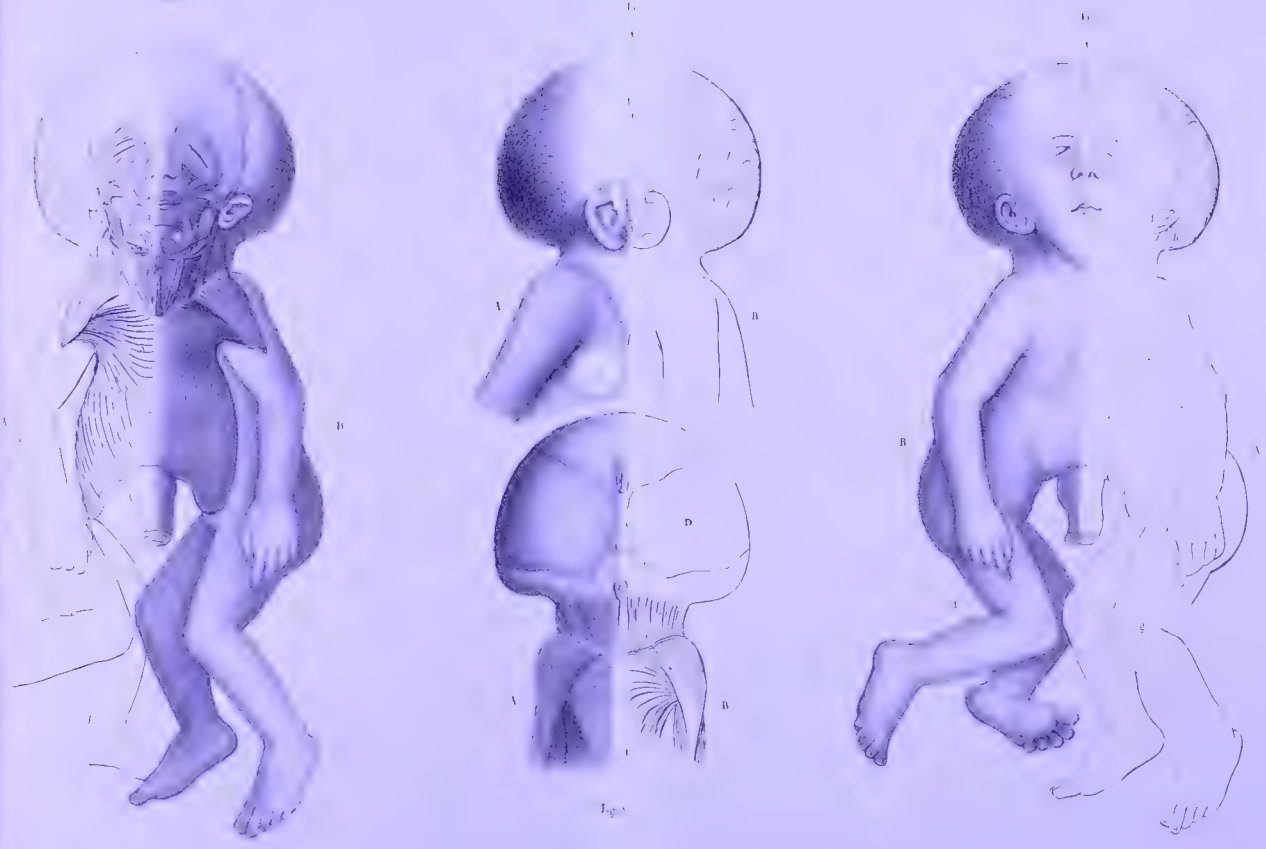
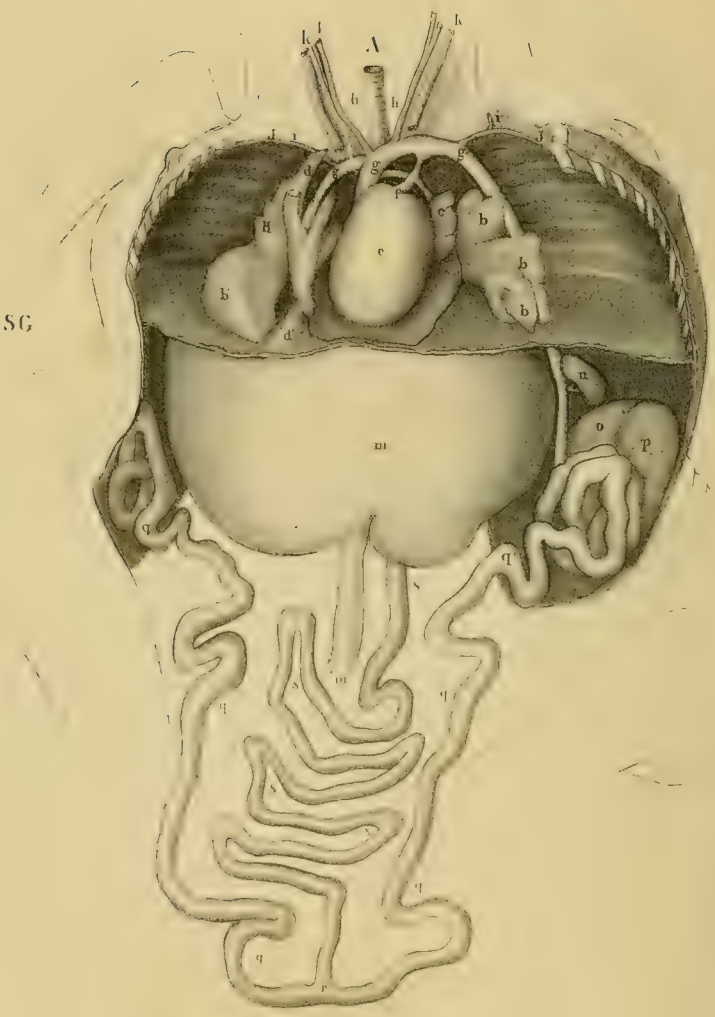
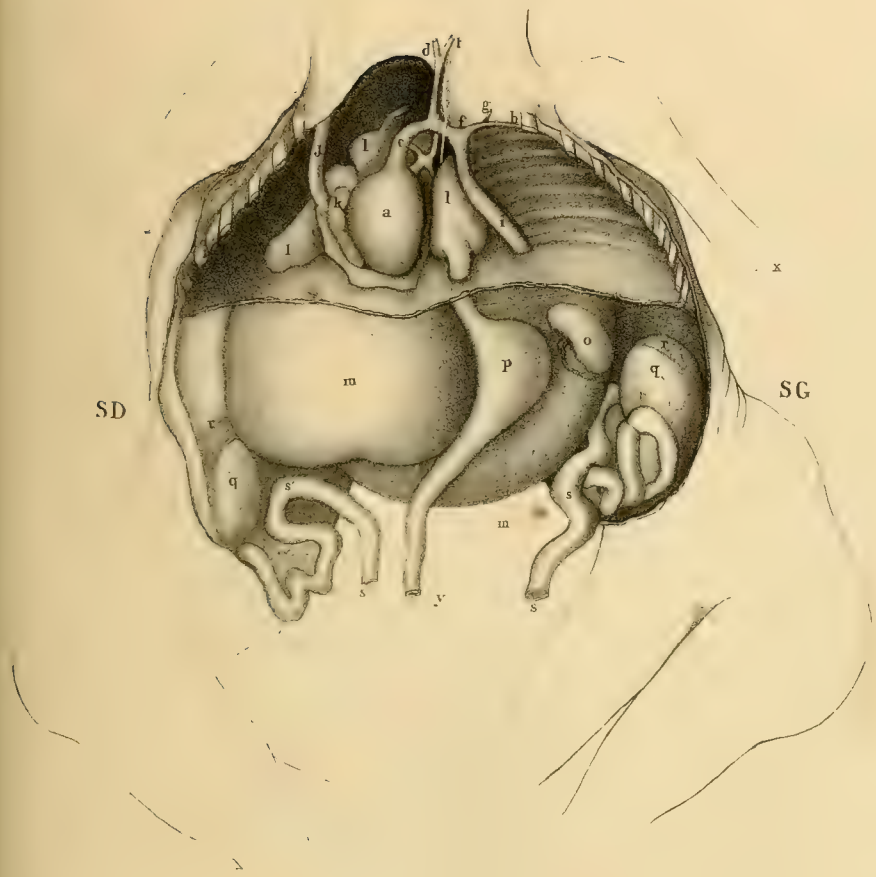


Fig. 1



Martin del.

Fig. 2.



Lith. de Delaporte.

Fig 1

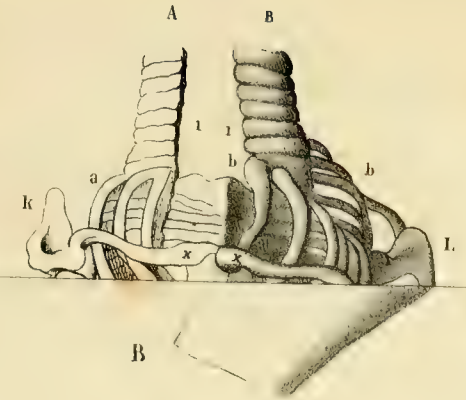
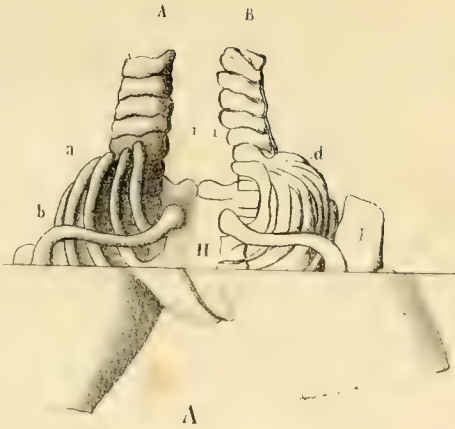
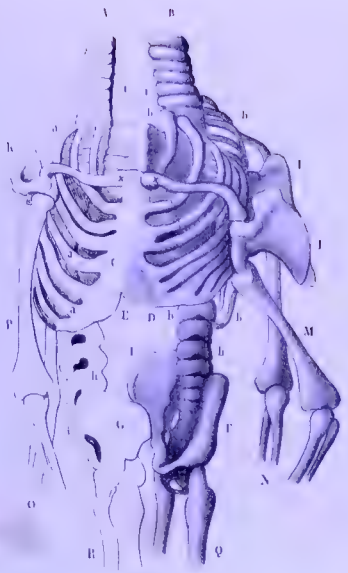


Fig. 2.



Martin fecit

Lith de Delaporte



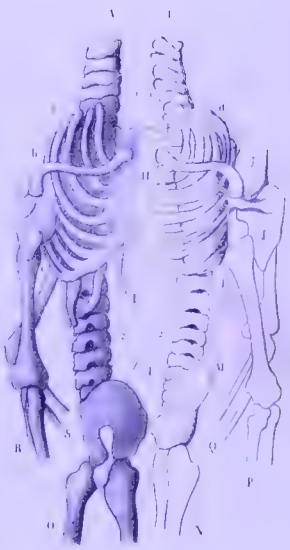
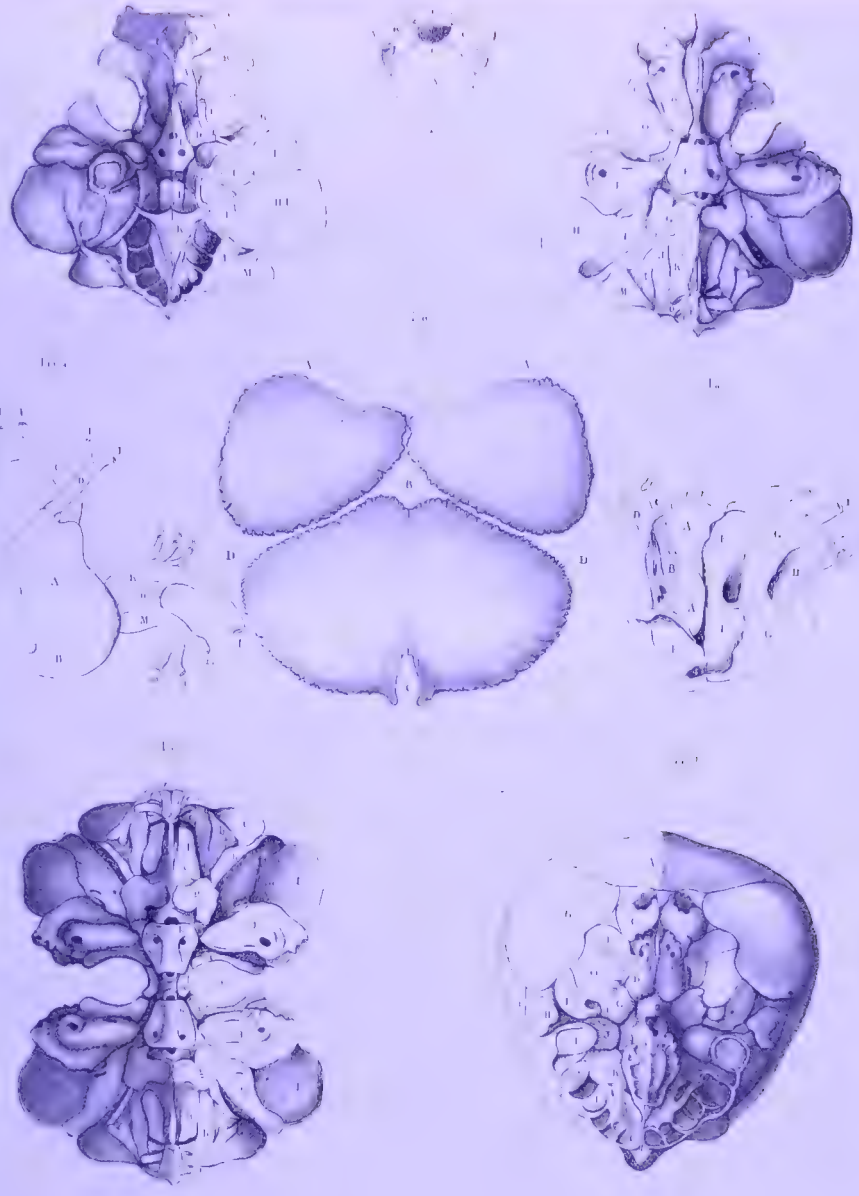


Fig. 3

Martin d'après Huet



Martin d'après Huet

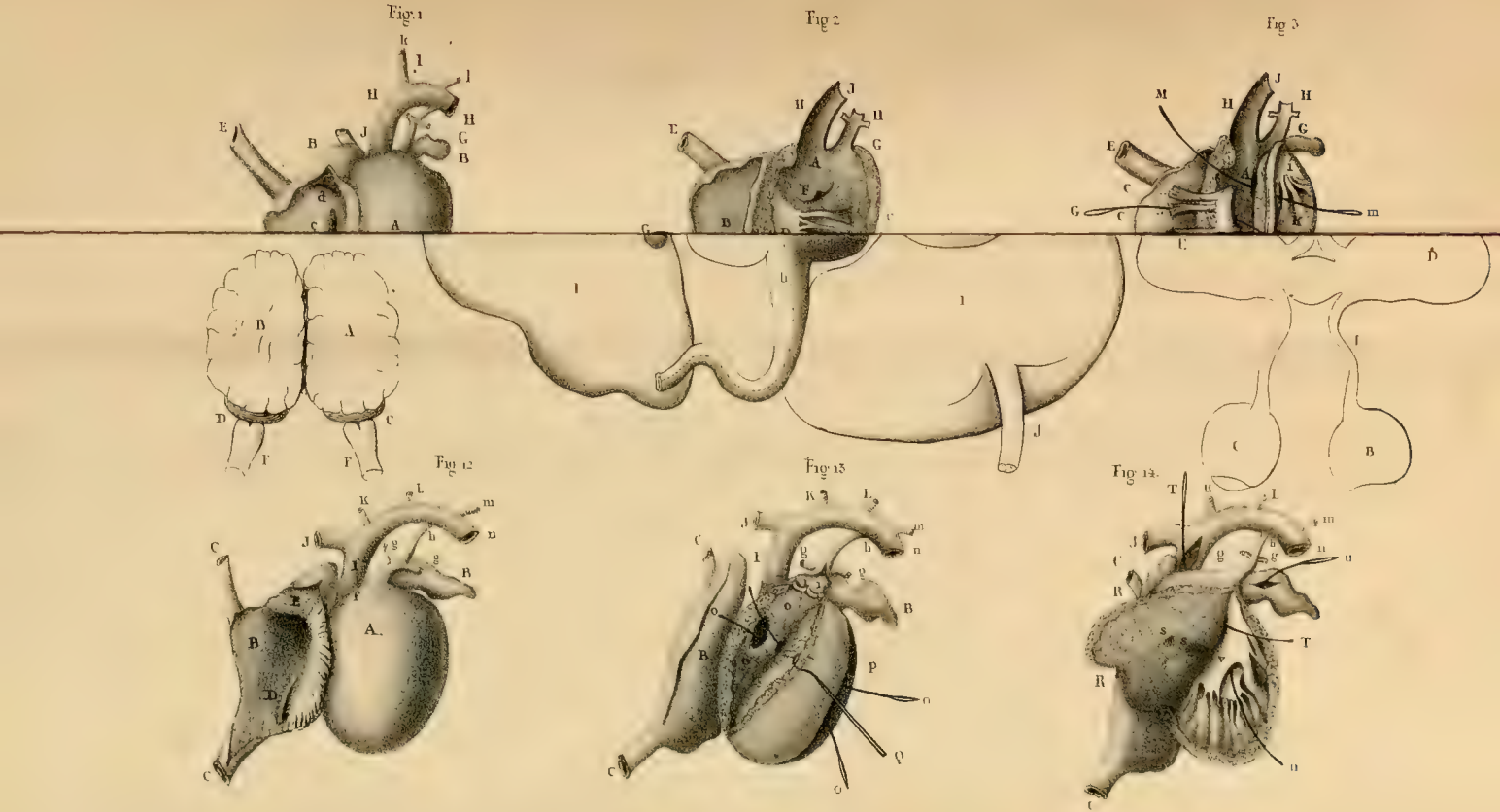
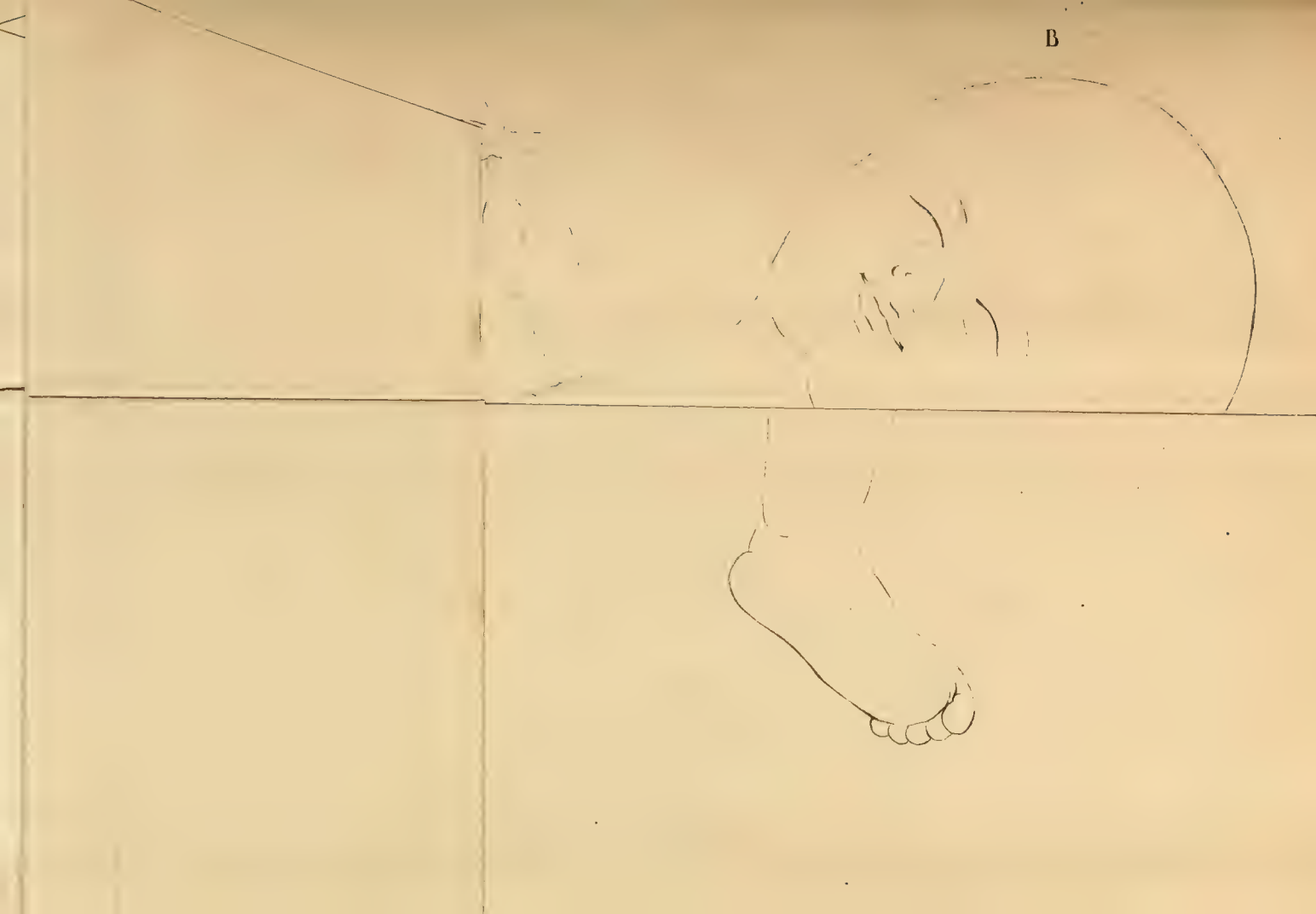
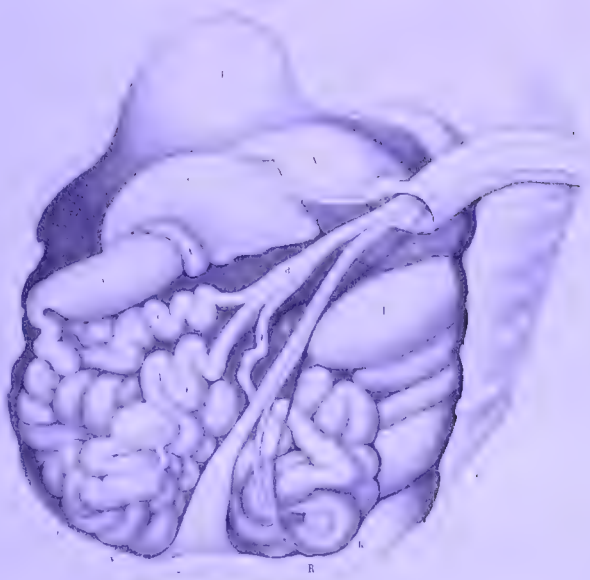


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14.

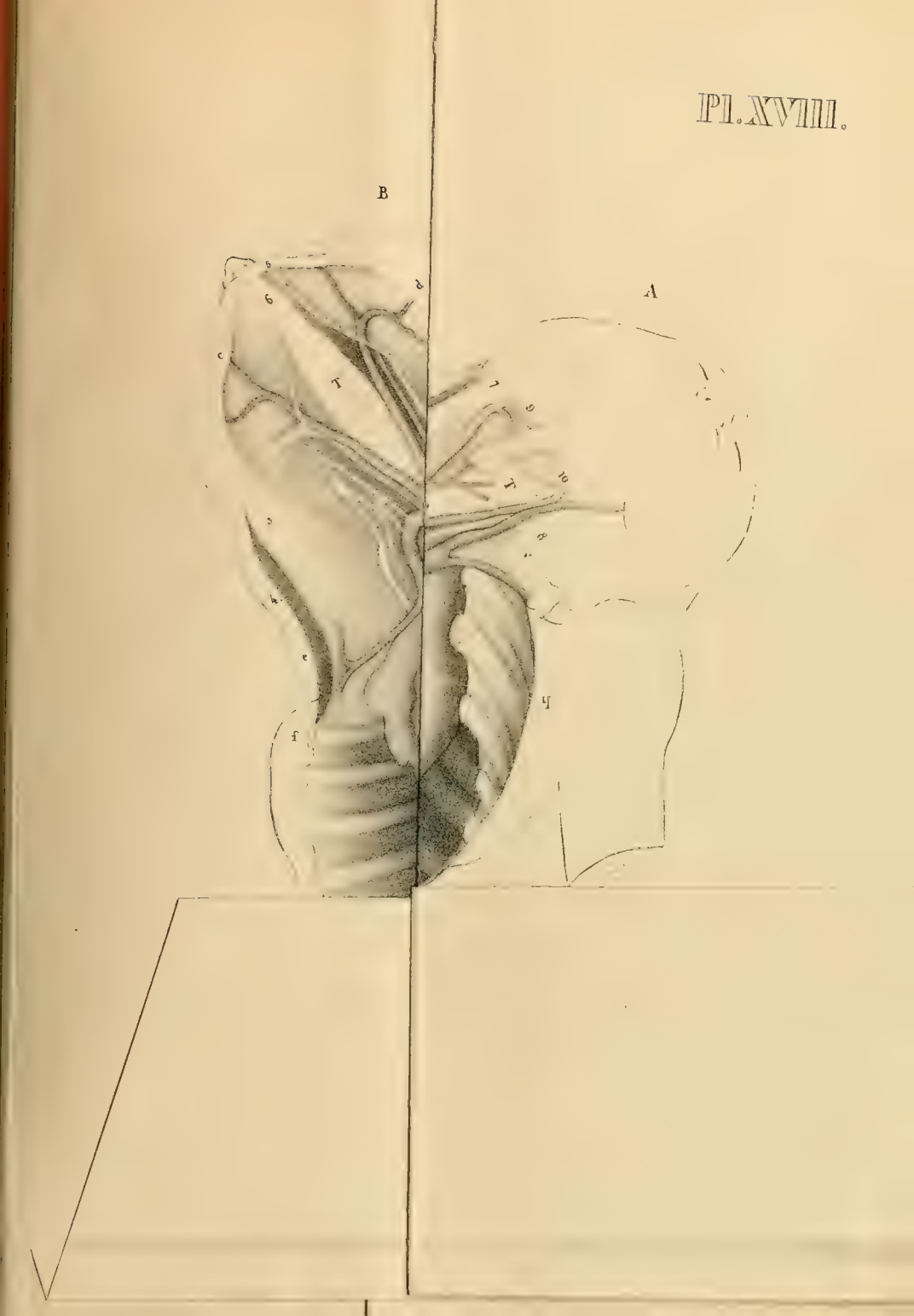
B

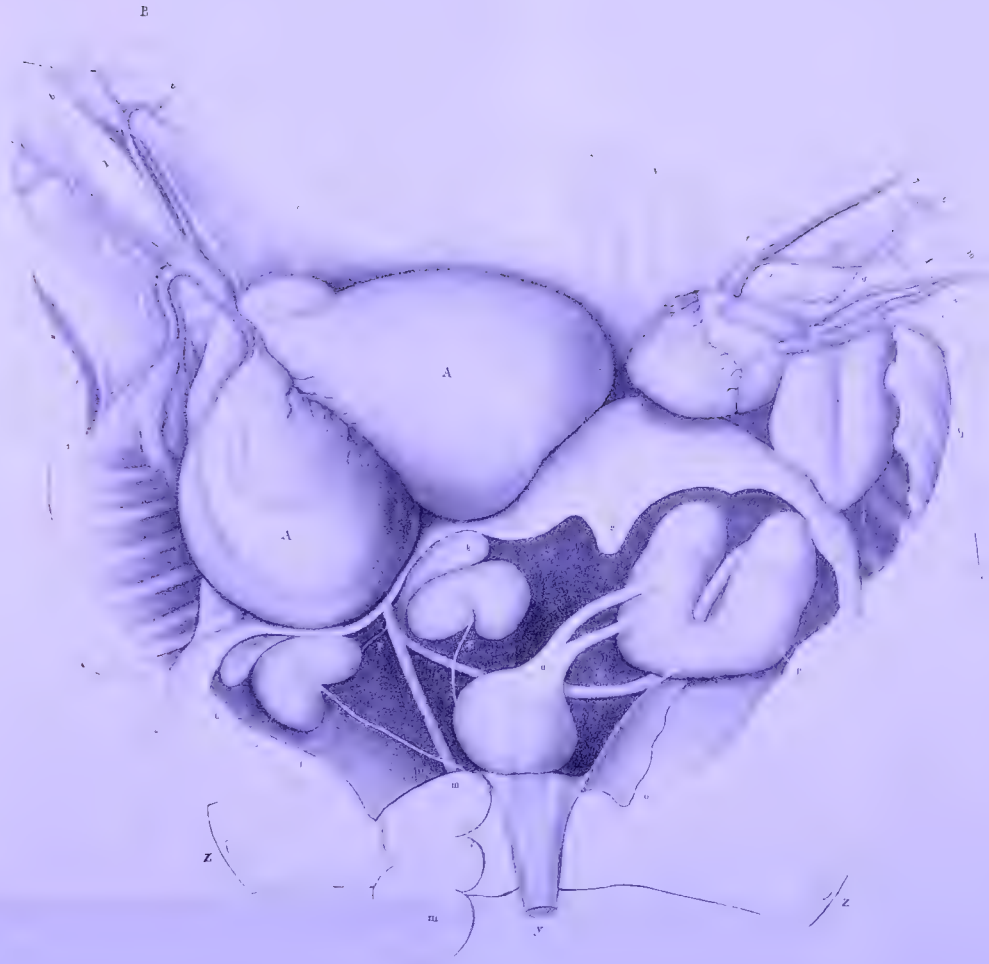




Martin dapres Vertet

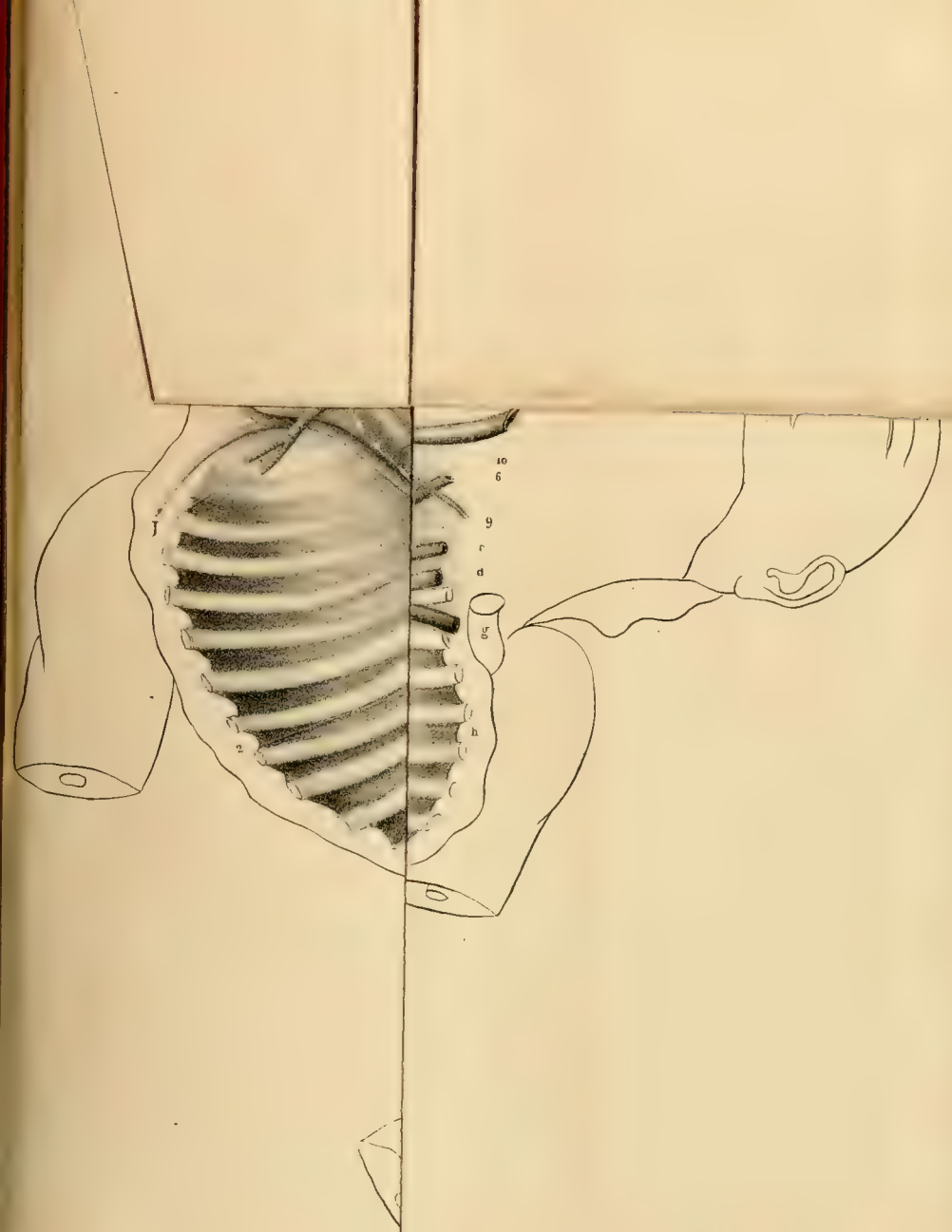
Pl. XVIII.



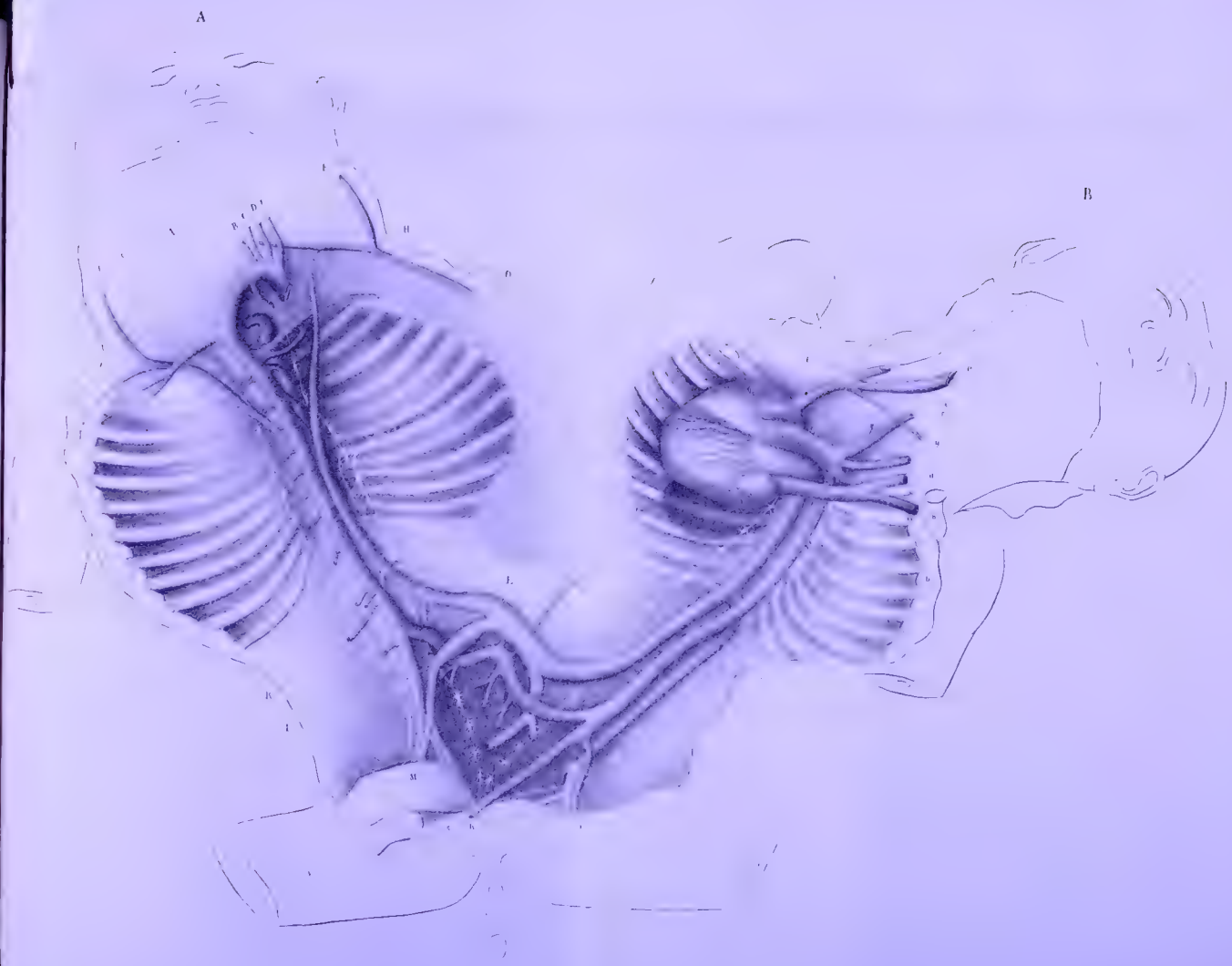


Martin del

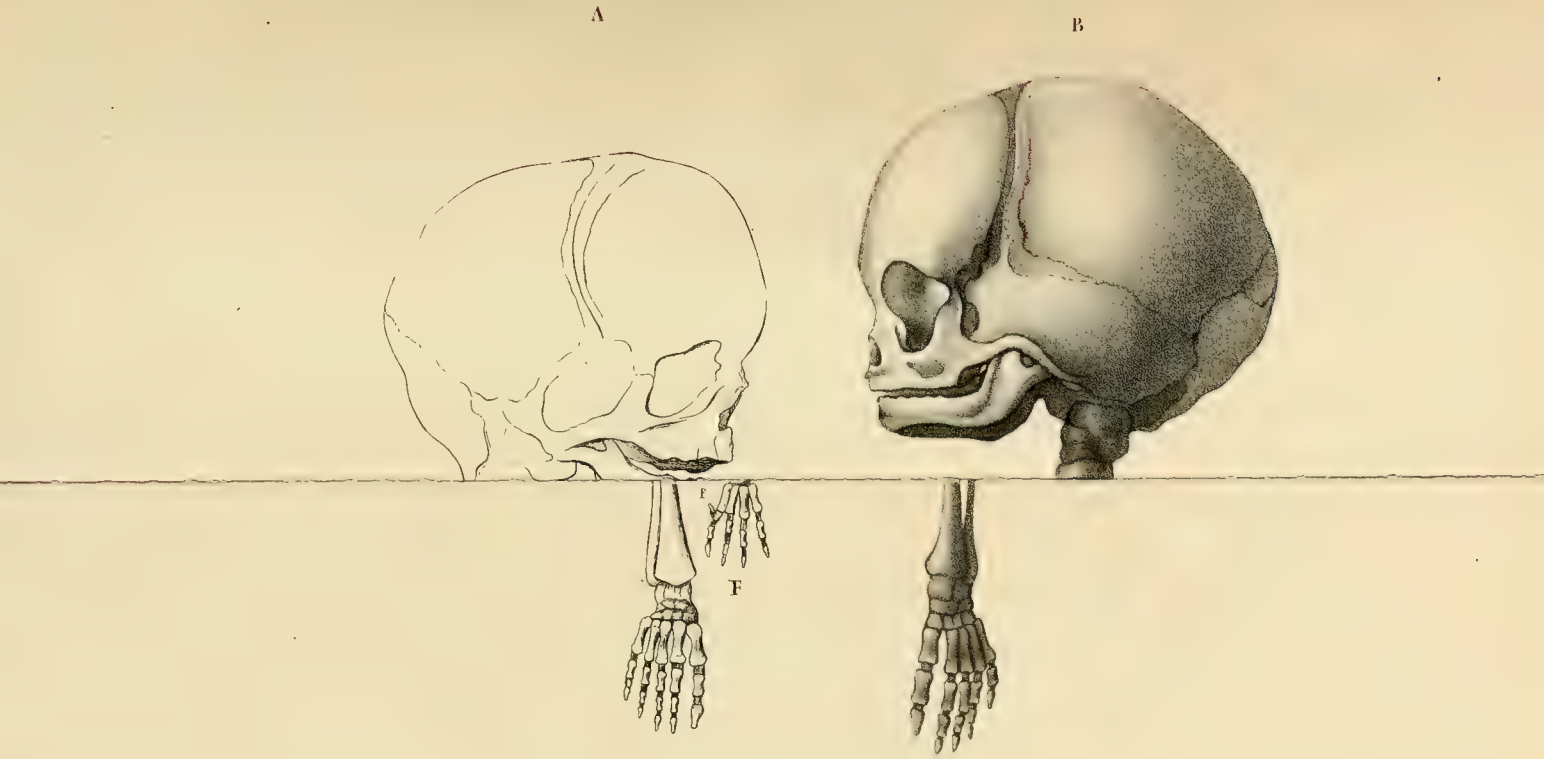
Lith de Delaporte

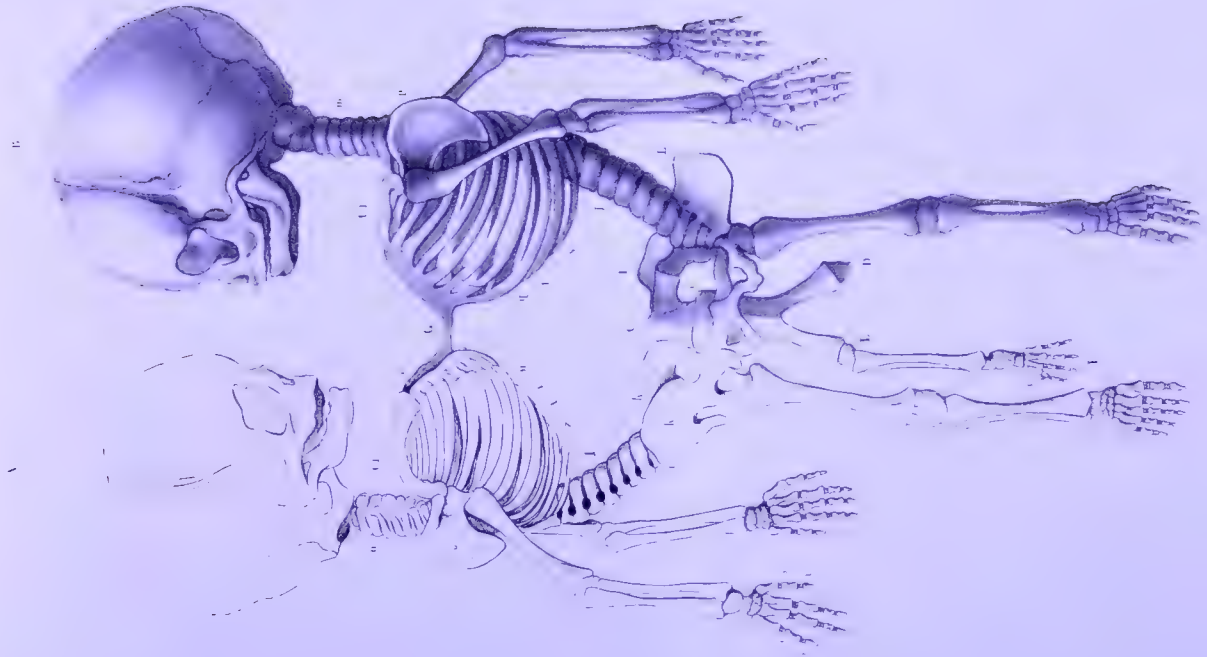


Lith. de Delaporte



Lith de Delaporte


A
B
F
F



LIBRAIRIE DE GAUTHIER-VILLARS

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER

QUAI DES AUGUSTINS, 55, A PARIS

INSTITUT DE FRANCE. — Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences. Ces **Comptes rendus** paraissent régulièrement tous les dimanches, en un cahier de 32 à 40 pages, quelquefois de 80 à 120. L'abonnement est annuel, et part du 1er janvier.

PRIX de *l'abonnement franco* :

Pour Paris . . . . . 20 fr. || Pour les départements . . 30 fr.
Pour l'Union postale . . . . . 34 fr.

La collection complète, de 1835 à 1877, forme 85 volumes in-4. . . . . 637 fr. 50 c.
Chaque année se vend séparément. . . . . 15 fr.

— **Table générale des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences**, par ordre de matières et par ordre alphabétique de noms d'auteurs.
Tables des tomes I à XXXI (1835-1850). In-4, 1853. . . . . 15 fr.
Tables des tomes XXXII à LXI (1851-1865). In-4, 1870 . . . . . 15 fr.

— **Supplément aux Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences.**
Tomes I et II, 1856 et 1861, séparément. . . . . 15 fr.

INSTITUT DE FRANCE. — Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences, et imprimés par son ordre. 2e série. In-4; tomes I à XXV, 1827-1877.
Chaque volume se vend séparément . . . . . 15 fr.

— **Mémoires de l'Académie des Sciences.** In-4; tomes I à XL, 1816-1877.
Chaque volume se vend séparément . . . . . 15 fr.
La librairie Gauthier-Villars, qui depuis le 1er janvier 1877 a seule le dépôt des Mémoires *publiés par l'Académie des Sciences, envoie franco sur demande la Table générale des matières contenues dans ces* Mémoires.

INSTITUT DE FRANCE. — Recueil de Mémoires, Rapports et Documents relatifs à l'observation du passage de Vénus sur le Soleil.
Ire PARTIE. *Procès-verbaux des séances tenues par la Commission.* In-4; 1877. . . . 12 fr. 50 c.
IIe PARTIE, avec SUPPLÉMENT. — *Mémoires.* In-4, avec 7 pl., dont 3 en chromolithographie; 1876. . . . . 12 fr. 50 c.

INSTITUT DE FRANCE. — Mémoires relatifs à la nouvelle Maladie de la Vigne, présentés par divers savants.

I. — DUCLAUX, Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Lyon, *délégué de l'Académie.* — **Études sur la nouvelle Maladie de la Vigne dans le sud-est de la France.** In-4, avec 8 planches représentant, teintes en rouge, les portions du territoire où le Phylloxera a été reconnu à la fin de chacune des années 1865 à 1872; 1874. . . . . (*Épuisé.*)

II. — CORNU (Maxime), aide-naturaliste au Muséum d'Histoire naturelle, *délégué de l'Académie.* — **Études sur la nouvelle Maladie de la Vigne.** In-4, avec 3 planches en couleur, gravées sur acier, représentant les galles produites par le Phylloxera sur les feuilles des vignes américaines, les altérations des racines par le Phylloxera et des coupes de racines en un point sain et sur un renflement; 1874. . . . . 2 fr. 50 c.

III. — FAUCON (Louis). — **Mémoire sur la Maladie de la Vigne et sur son traitement par le procédé de la submersion.** In-4; 1874 . . . . . 2 fr. 50 c.

IV. — BALBIANI. — **Mémoire sur la reproduction du Phylloxera du chêne.** In-4; 1874 . . . 1 fr.

V. — DUMAS, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. — **Mémoire sur les moyens de combattre l'invasion du Phylloxera.** In-4; 1874 . . . . . 1 fr.

VI. — BOULEY, Membre de l'Institut. — **Rapport sur les mesures administratives à prendre pour préserver les territoires menacés par le Phylloxera.** In-4; 1874 . . . . . 75 c.

VII. — DUMAS, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. — **Communication relative à la destruction du Phylloxera**; suivie de : **Nouvelles expériences effectuées avec les sulfocarbonates alcalins; manière de les employer**, par M. MOUILLEFERT, *délégué de l'Académie*; et de **Recherches sur l'action du coaltar dans le traitement des Vignes phylloxérées**, par M. BALBIANI, *délégué de l'Académie.* In-4; 1874 . . . . . 75 c.

VIII. — DUMAS, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. — **Rapport sur les études relatives au Phylloxera**, présentés à l'Académie des Sciences par MM. DUCLAUX, MAX, CORNU et L. FAUCON. In-4; 1874. . . . . 75 c.

IX. — DUCLAUX, Professeur à la faculté des Sciences de Lyon. — **Études sur la nouvelle Maladie de la Vigne dans le sud-est de la France.** In-4, avec une planche représentant, coloriés en rouge, les pays vignobles atteints par le Phylloxera en 1873. . . . . 75 c.

X. — COMMISSION DU PHYLLOXERA (Séance du 3 décembre 1874). — **Observations** faites par MM. BALBIANI, CORNU, GIRARD, MOUILLEFERT. — **Analyses chimiques** des diverses parties de la vigne saine et de la vigne phylloxérée, par M. BOUTIN. — **Sur les vignes américaines qui résistent au Phylloxera**, par M. MILLARDET. — **Vins faits avec les cépages américains**, par M. PASTEUR. — **Traitement par le goudron de houille**, par M. ROMMIER. — **Sulfocarbonates**, par M. DUMAS. In-4; 1875. . 2 fr.

XI. — COMITÉ DE COGNAC (Station viticole. Séance du 21 mars 1875). Expose des expériences faites à Cognac et des résultats obtenus par M. Max. Cornu et M. Mouillefert. In-4; 1875. 1 fr.

XII. — DUMAS, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. — **Note sur la composition et les propriétés physiologiques des produits du goudron de houille.** In-4; 1875. . . . . 50 c.

XIII. — DUCLAUX, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon. — **Études sur la nouvelle Maladie de la Vigne dans le sud-est de la France.** In-4, avec une planche représentant, coloriés en rouge, les pays vignobles atteints par le Phylloxera en 1874. . . . . 75 c.

XIV. — BOULEY, Membre de l'Institut. — **Rapport** sur les réclamations dont a été l'objet le décret relatif à l'importation en Algérie des plants d'arbres fruitiers ou forestiers venant de France. In-4; 1875. . . . . 75 c.

XV. — DUMAS, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, et Max. CORNU. — **Instruction pratique sur les moyens à employer pour combattre le Phylloxera, et spécialement pendant l'hiver.** In-4; 1876. . . . . 75 c.

XVI. — MILLARDET, *Délégué de l'Académie.* — **Études sur les Vignes d'origine américaine qui résistent au Phylloxera.** In-4; 1876. . . . . 2 fr.

XVII. — GIRARD (Maurice), *Délégué de l'Académie.* — **Indications générales sur les vignobles des Charentes;** avec 3 planches représentant, teintes en rouge, les portions du territoire des Charentes où le Phylloxera a été reconnu à la fin de chacune des années 1872, 1873 et 1874. In-4; 1876. 2 fr. 50 c.

XVIII. — CORNU (Maxime) et MOUILLEFERT, *Délégués de l'Académie.* — **Expériences faites à la station viticole de Cognac dans le but de trouver un procédé efficace pour combattre le Phylloxera.** In-4; 1876 . . . . . 5 fr.

XIX. — AZAM, Docteur en Médecine. — **Le Phylloxera dans le département de la Gironde.** In-4, avec une grande planche représentant, au moyen de teintes noires, rouges et bleues, l'état du fléau en 1873 et son développement en 1874 et en 1875; 1876. . . . . 75 c.

XX. — BALBIANI. — **Sur l'éclosion de l'œuf d'hiver du Phylloxera de la Vigne.** In-4; 1876. (*Voir* n° XXIII.)

XXI. — **Extraits des Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.** (Séances des 2 novembre 1875 et 2 juillet 1876). . . . . 1 fr.

Sommaire : Sur la parthénogénèse du Phylloxera comparée à celle des autres Pucerons; par M. Balbiani. — Résultats obtenus, au moyen du sulfocarbonate de potassium, sur les vignes phylloxérées de Mézel, par M. Aubergier. — Observations sur la lettre de M. Aubergier; par M. Dumas. — Sur le mode d'emploi des sulfocarbonates, par M. J.-B. Jaubert. — Etat actuel des vignes soumises au traitement du sulfocarbonate de potassium depuis l'année dernière; par M. P. Mouillefert. — Résultats obtenus à Cognac avec les sulfocarbonates de sodium et de baryum appliqués aux vignes phylloxérées; par M. P. Mouillefert. — Expériences relatives à la destruction du Phylloxera; par M. Marion.

XXII. — BOUTIN (aîné), *Délégué de l'Académie.* — **Études d'analyses comparatives sur la vigne saine et sur la vigne phylloxérée.** In-4; 1877. . . . . 1 fr.

XXIII. — BALBIANI, Délégué de l'Académie des Sciences, Professeur au Collège de France. — **Mémoires sur le Phylloxera,** présentés à l'Académie des Sciences, en 1876. In-4; 1876. . . . 2 fr.

Sommaire : Sur l'éclosion prochaine des œufs d'hiver du Phylloxera (mars 1876). — Sur l'éclosion de l'œuf d'hiver du Phylloxera (avril 1876). — Sur la parthénogénèse du Phylloxera comparée à celle des autres Pucerons. — Nouvelles observations sur le Phylloxera du chêne comparé au Phylloxera de la vigne. — Remarques au sujet d'une Note récente de M. Lichtenstein sur la reproduction des Phylloxeras. — Recherches sur la structure et sur la vitalité des œufs du Phylloxera.

XXIV. — DUCLAUX, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, délégué de l'Académie. — **Études sur la nouvelle Maladie de la Vigne dans le sud-est de la France.** Pays vignobles atteints par le Phylloxera en 1875 et 1876. In-4, avec 2 planches; 1876. . . . . 1 fr. 25 c.

XXV. — COMMISSION DU PHYLLOXERA. — **Avis sur les mesures à prendre pour s'opposer à l'extension des ravages du Phylloxera.** In-4; 1877. . . . . 75 c.

XXVI. — CORNU (Maxime), *Délégué de l'Académie.* — **Études sur le Phylloxera vastatrix.** In-4 de 338 pages, avec 24 planches en couleur. 1878 . . . . . 10 fr.

INSTITUT DE FRANCE. — Instruction sur les paratonnerres, adoptée par l'Académie des Sciences (Ire Partie, 1823, par *Gay-Lussac.* — IIe Partie, 1854, par M. *Pouillet.* — IIIe Partie, 1867, par M. *Pouillet*). In-18 jésus, avec 38 figures dans le texte et une planche; 1874. . . . . 2 fr. 50 c.

PRÉFECTURE DE LA SEINE. — Assainissement de la Seine. Épuration et utilisation des eaux d'égoût, 4 beaux volumes in-8 jésus; avec 17 pl., dont 10 en chromolithographie; 1876-1877. 26 fr.

PRÉFECTURE DE LA SEINE. — Assainissement de la Seine. Épuration et utilisation des eaux d'égoût. — Rapport de la Commission d'études chargée d'étudier les procédés de culture horticole à l'aide des eaux d'égout. In-8 jésus avec pl.; 1878. . . . . 1 fr. 50

RAPPORT DE LA COMMISSION D'ÉTUDES chargée d'étudier l'influence exercée dans la presqu'île de Gennevilliers par l'irrigation en eau d'égoût, sur la valeur vénale et locative des terres de culture. In-8 jésus avec 3 planches en chromolithographie; 1878 . . . . . 3 fr.